LEXICON A·M·E

AL. DĂNESCU
D. ȘTEFĂNESCU
D. SFINȚEANU
M. MARINESCU
I. GANEA
S. PETRESCU

DE TERMODINAMICĂ ȘI MAȘINI TERMICE

Vol. I

EDITURA TEHNICĂ

Colectiv de autori:

Dr. ing. **TITI TURCOIU,** Ing. **ALEXANDRU CHISACOF,**
Conf. dr. ing. **AURELIU LECA,** Dr. ing. **DRAGOȘ SFINȚEANU,**
Dr. ing. **VIRGIL MUȘATESCU,** Dr. chim. **MINODORA LECA,**
Ing. **CRISTIAN RĂDUCANU,** Ing. **ION SOTIR DUMITRESCU,**
Ing. **PETRE RĂDUCANU,** Ing. **CARMEN PAPADOPOL,**
Dr. ing. **LADISLAU LUCA,** Conf. ing. **DAN ȘTEFĂNESCU,**
Ing. **NICOLAE BORIANU,** Dr. ing. **ERMINA RĂDULESCU,**
Ing. **MARIN GHERGU,** Ing. **ALEXANDRU DOBROVICESCU,**
Ing. **IOAN GANEA,** Conf. dr. ing. **MIRCEA MARINESCU**

Scanned with OKEN Scanner

LEXICON DE TERMODINAMICĂ ȘI MAȘINI TERMICE

Vol. I. A–E

Coordonatori:

ALEXANDRU DĂNESCU, DAN ȘTEFĂNESCU, DRAGOȘ SFINȚEANU,
MIRCEA MARINESCU, IOAN GANEA, STOIAN PETRESCU

EDITURA TEHNICĂ ● BUCUREȘTI, 1985

Scanned with OKEN Scanner

PREFAȚĂ

Odată cu dezvoltarea industrială a societății, termodinamica, constituită inițial ca un domeniu al fizicii teoretice, și-a extins în mod continuu sfera de aplicații. Avînd un caracter de extremă generalitate, principiile și metodele ei sînt astăzi tot mai des folosite în analiza evoluției diferitelor sisteme complexe, în studiul proceselor și operațiilor ce au loc în mașinile și instalațiile energetice, al proceselor de schimb de căldură și masă, de conversie a diferitelor forme de energie, al proceselor chimice, frigorifice și criogenice, biologice și biochimice și chiar al celor sociale. S-a ajuns astfel, ca termodinamica să aibă foarte multe direcții de aprofundare: termodinamica tehnică, termodinamica chimică, termodinamica sistemelor cu mai multe variabile, termodinamica transformărilor ireversibile, termodinamica metalelor, amestecurilor și a soluțiilor ș.a.m.d.

Criza energetică mondială și cercetările intense în vederea înlocuirii formelor clasice de energie și combustibili cu noi surse și resurse energetice au evidențiat, de asemenea, noi direcții de aplicație a termodinamicii și au confirmat încă odată universalitatea conținutului acesteia.

Desigur că studiul evoluției și transformărilor sistemelor termodinamice tehnice nu poate fi conceput fără o cunoaștere corectă a sensului terminologiei cu care se operează și fără a face apel la o serie de noțiuni din domeniu ca: mecanica fluidelor, reacțiile de ardere, propagarea radiațiilor termice, transferul de căldură, masă și impuls, echilibrul și tranzițiile de fază ș.a.

În acest sens, LEXICONUL DE TERMODINAMICĂ ȘI MAȘINI TERMICE prezintă termenii principali, ordonați alfabetic, din termodinamica tehnică, din domeniul mașinilor, aparatelor și instalațiilor termice și termoenergetice, precum și din unele domenii de graniță. În cadrul fiecărui termen director sînt prezentați și o serie de termeni auxiliari. Unele definiții sînt urmate de sinonime (cînd acestea există), explicația fiind dată la termenul cel mai uzual. Pentru prezentarea mai clară a unora din noțiuni s-a apelat și la figuri explicative, figurile respective fiind indicate cu litera din alfabet corespunzătoare textului, urmată de o cifră în ordinea normală a numerotării.

Termenii au fost grupați alfabetic, în trei volume. La sfîrșitul fiecărui volum s-a întocmit un glosar, iar pentru o regăsire rapidă a informațiilor sînt menționate și paginile la care sînt tratați termenii respectivi. De

Scanned with OKEN Scanner

asemenea, în glosar, pentru termenii principali s-a trecut și semnificația acestora în patru limbi de largă circulație internațională (engleză, franceză, germană și rusă), înlesnind astfel identificarea termenilor și în literatura tehnică străină.

Este lesne de înțeles că tratarea a trebuit să se rezume la strictul necesar și că explicațiile s-au limitat, în general, la minimum, uneori fiind, însă, mai ample acolo unde s-a apreciat că este nevoie de elemente suplimentare pentru înțelegerea corectă a expunerii.

Lucrarea a devenit, astfel, nu un dicționar explicativ și nici o enciclopedie, ci un instrument util celor ce doresc să aprofundeze noțiunile de bază ale termodinamicii și ale aplicațiilor acesteia, celor care urmează să contribuie la transpunerea în viață a documentelor de partid și de stat privind creșterea eficienței și calității activității productive și economisirea combustibililor și energiei în toate ramurile industriale.

Sperăm că inițiativa Editurii tehnice de a publica astfel de lexicoane pe domenii se va bucura de o bună apreciere din partea cititorilor.

COORDONATORII LUCRĂRII

Scanned with OKEN Scanner

A

ABSORBȚIE. Capacitate proprie anumitor substanțe sau medii materiale de a reține alte substanțe sau energie. Deci, pot avea loc două fenomene diferite: absorbția materiei și absorbția energiei (v. Adsorbție).

A. materiei este proprietatea anumitor substanțe de a reține în mod permanent moleculele altei substanțe. Este un fenomen ce are loc în volum, substanțele absorbite dizolvîndu-se complet în absorbant.

În cadrul acestui fenomen se întîlnesc două cazuri importante: **a.** gazelor în lichide și **a.** gazelor în solide.

În cazul dizolvării unui gaz în lichid, se definește *coeficientul de* **a.** ca fiind volumul de gaz dizolvat în unitatea de volum de lichid, în anumite condiții de presiune și temperatură.

Presiunea parțială a gazului, în echilibru cu soluția, se poate stabili în funcție de concentrația sa în soluție (legea lui Henry). Cazurile care se abat de la această lege se datoresc prezenței fenomenului de asociație a moleculelor: ionizare în soluție sau reacție parțială cu solventul.

În cazul **a.** unui gaz de către un solid, gazul absorbit poate să rămînă în soluție în solidul absorbant, sau să reacționeze chimic cu acesta, dînd naștere unui compus chimic.

A. hidrogenului în anumite metale (ex.: paladiu, nichel, fier etc.) este foarte importantă în tehnică. Studiul făcut prin difracția razelor X și prin rezonanța magnetică nucleară a permis să se stabilească că hidrogenul se disociază în atomi care ocupă poziții determinate de solidul absorbant.

De remarcat că **a.** este însoțită în mod normal de adsorbția aceluiași gaz pe suprafața solidului.

A. energiei se manifestă sub forma **a.** energiei de radiație electromagnetică.

Intensitatea unui fascicul care traversează un mediu material se atenuează datorită transformării unei părți a energiei de radiație într-o cantitate echivalentă de energie internă (sau orice fel de altă energie moleculară). Cantitatea de radiație absorbită depinde de mediul absorbant; nu există mediu complet „opac" la radiațiile electromagnetice, pe toate lungimile de undă ale spectrului de radiație, după cum nu există nici mediu complet „transparent".

Pentru a defini caracteristicile de **a.** ale unei substanțe date trebuie să se precizeze la ce radiații se referă puterea absorbantă. De exemplu, materialele complet opace la radiațiile vizibile sînt aproape perfect transparente la radiațiile X. Sticla obișnuită este transparentă la lumina vizibilă, dar prezintă o **a.** ridicată pentru radiațiile ultraviolete cu o lungime de undă mai mică de 3 100 Å (1 Å$=10^{-10}$ m). Materialele cu **a.** selectivă, care absorb numai radiațiile cuprinse într-un interval restrîns de lungimi de undă (ex.: sticlele colorate) prezintă un interes deosebit, în special în domeniul opticii.

Legile a. Capacitatea unui mediu de a absorbi radiațiile depinde de mai mulți factori, în principal, de constituția electronică și nucleară a atomilor și moleculelor mediului, de lungimea de undă a radiației incidente, de grosimea substanței absorbante și de alte variabile care determină starea mediului (în particular, temperatura și concentrația). **A.** radiațiilor eletromagnetice este însoțită și de fenomenul de dispersie (variația vitezei de propagare în funcție de frecvență).

Legea lui Lambert-Bouguer exprimă dependența **a.** de grosimea mediului absorbant și este de formă exponențială.

Dacă se consideră un mediu omogen, compus dintr-o serie de straturi paralele (uniform plasate în direcție normală pe fascicul), fiecare strat va absorbi aceeași fracțiune din radiația incidentă; dacă I_0 este intensitatea radiației monocromatice incidente, intensitatea I a radiației care travereaeză o grosime x rezultă din relația:

$$I = I_0 e^{-\alpha x}$$

unde α este constanta caracteristică mediului respectiv, numită coeficient de a. Sub formă logaritmică, relația precedentă capătă forma:

$$\ln \frac{I}{I_0} = -\alpha x .$$

Deci, logaritmul intensității transmise scade direct proporțional cu grosimea traversată. Dacă există valori experimentale ale intensității de radiație ce traversează straturi de diferite grosimi, se poate calcula cu relația de mai sus valoarea coeficientului de a.

Legea lui Beer exprimă relația între a. și concentrația sau densitatea substanței absorbante. Este de o importanță primordială în exprimarea a. în soluții (deoarece concentrația substanței disolvate poate varia în limite relativ largi) sau în gaze (a căror densitate depinde de presiunea la care se găsesc). După legea lui Beer, fiecare moleculă absoarbe aceeași fracțiune a radiației incidente, fie că moleculele sînt foarte apropiate într-o soluție concentrată, fie că sînt dispersate într-o soluție diluată. Legea lui Beer este, de asemenea, de tip exponențial și are forma:

$$I = I_0 e^{-\alpha' l c},$$

unde: c este concentrația; α' — constantă care, la temperatură constantă și pentru radiațiile monocromatice, nu depinde de concentrația dizolvantului în soluție, ci numai de cea a substanței absorbante.

Măsurarea a. în medii omogene se poate face prin măsurarea absolută sau comparativă a intensității fasciculului incident și celui transmis, cu corecțiile necesare pentru a ține cont de pierderile de energie radiantă, provocate de fenomene ce nu depind de a. Cea mai importantă pierdere de acest fel provine din reflexia radiației pe suprafețele straturilor absorbante sau a recipientelor care conțin mediul (în cazul lichidelor și gazelor).

Cînd radiațiile electromagnetice traversează medii neomogene, măsurarea a. se complică datorită prezenței difuziei (care apare în mediile neomogene), deoarece indicele de refracție nu este constant și radiația incidentă deviază parțial de la direcția inițială. Datorită difuziei, la ieșirea din mediul absorbant se va regăsi un fascicul cu o intensitate mai mică decît aceea pe care ar fi trebuit să o aibă dacă ar fi intervenit numai a. (v. Difuzie).

Natura a. A. radiației de către un mediu implică o micșorare a energiei radiației incidente și o creștere a energiei atomilor și a moleculelor mediului absorbant.

În cazul unui gaz monoatomic, energia internă se compune din: energia cinetică corespunzătoare mișcărilor de translație a atomilor, energia internă asociată legăturii electronilor cu nucleul și energia particulelor din interiorul nucleului.

Moleculele poliatomice posedă în plus: energia asociată cu mișcarea de rotație a moleculei și cu cea corespunzătoare mișcării de oscilație a atomilor din moleculă.

Efectul primar al a. apare în creșterea energiei interne și a energiei asociate mișcării de rotație și vibrație a moleculelor.

Efectele secundare ale a. sînt:

1) conversia energiei absorbite în energie de translație a moleculelor datorită șocurilor ce apar între moleculele excitate și moleculele vecine acestora (proces care se manifestă macroscopic printr-o creștere a temperaturii);

2) emisia de radiații cu o lungime de undă egală sau mai mare decît aceea a radiației incidente (radiația de rezonanță, fluorescența sau fosforescența);

3) reacții chimice.

În acord cu teoria cuantică, radiațiile electromagnetice se propagă sub formă de unități energetice, cuante de radiație sau fotoni, fiecare avînd energia $h\nu$. În această expresie, h este constanta lui Planck (egală cu $6{,}62 \times 10^{-34}$ J·s, iar ν este frecvența de radiație, legată de lungimea de undă λ prin relația $c = \lambda\nu$, unde c reprezintă viteza luminii în vid. O radiație de o anumită frecvență poate fi absorbită numai cînd fotonii corespunzători au energie suficientă pentru a aduce atomul sau molecula la un nivel cuantic de energie mai ridicat. Diverșii constituenți ai materiei (nuclee, electroni, atomi etc.) participă la absorbție în mod diferit pentru energii incidente bine determinate și, în consecință, doar la anumite frecvențe.

De exemplu, pentru a schimba starea energetică a unui nucleu este necesară o energie importantă pe care o pot furniza numai fotonii cu o energie foarte ridicată, ca de exemplu, fotonii radiației $\gamma(\lambda \cdot 10^{-10}\text{cm})$, iar a. radiațiilor X poate duce la excitarea electronilor învecinați nucleului. Pentru a excita electronii de valență, adică electronii cei mai exteriori ai atomului, deci cei mai slab legați, este suficientă a. fotonilor radiației vizibile: λ cuprins în intervalul de la $7 \cdot 10^{-5}$ cm (roșu) la $4 \cdot 10^{-5}$ cm (violet), sau $\lambda < 10^{-5}$ cm (ultraviolet).

ABUR. Se obține prin vaporizarea apei, de obicei, la presiune constantă. Există o corespondență directă între temperatura și presiunea de vaporizare, în sensul că fiecărei presiuni de vaporizare îi corespunde o anumită temperatură de vaporizare și invers. Interdependența între cele două mărimi de stare în timpul procesului de vaporizare poate fi pusă în evidență prin ecuația Clapeyron-Clausius:

$$\frac{dp}{dT} = \frac{\lambda}{T_s(v'' - v')},$$

în care: λ este căldura latentă de vaporizare a apei; T_s — temperatura de vaporizare; v' și v'' — volumul specific al apei, respectiv al vaporilor saturați uscați.

La presiuni foarte scăzute și temperaturi ridicate, comportarea vaporilor de apă se apropie de cea a gazului perfect astfel, că volumul specific al vaporilor saturați poate fi exprimat prin ecuația de stare a gazelor perfecte $v''=\frac{RT}{p}$, în care R este constanta aburului, iar T și p — temperatura și presiunea. Volumul specific al apei, v', fiind neglijabil în raport cu v'', ecuația Clapeyron-Clausius se poate scrie sub forma: $\frac{dp}{p}=\frac{\lambda}{R}\cdot\frac{dT}{T^2}$.

Ecuațiile de stare ale vaporilor de apă. Ecuația Van der Waals este:

$$\left(p+\frac{a}{v^2}\right)(v-b)=RT,$$

în care a și b sînt constante. Ecuația redă din punct de vedere calitativ comportarea gazelor reale (deci și a aburului) în toate domeniile, dar rezultatele cantitative sînt satisfăcătoare numai în domeniul învecinat punctului critic.

Ecuația W. Koch, utilizată pentru calculul tabelelor de abur, este o ecuație caracteristică omogenă, care prezintă rezultate destul de bune, cu excepția domeniului din apropierea punctului critic (unde erorile devin apreciabile), sub forma:

$$v=\frac{RT}{p}-\frac{a}{\left(\frac{T}{100}\right)^{2,82}}-$$

$$-p^2\left[\frac{b}{\left(\frac{T}{100}\right)^{14}}+\frac{c}{\left(\frac{T}{100}\right)^{31,6}}\right]\left[\frac{m^3}{kg}\right].$$

Ecuația M. P. Vukalovici și I. I. Novikov este folosită în prezent pentru calculul mărimilor de stare ale apei și aburului,

$$pv=RT\left(1-A\frac{1}{v}-B\frac{1}{v^2}\right),$$

unde A și B sînt constante care depind de natura, temperatura și volumul specific al vaporilor. Această ecuație ține seama de asocierea moleculelor de a. în moleculele complexe binare și ternare.

Diagrame utilizate pentru studiul vaporilor de apă

Diagrama $p-v$ a vaporilor de apă (fig. A.1) face posibilă evaluarea lucrului mecanic pe care îl schimbă vaporii de apă supraîncălziți cu exteriorul, în cursul transformărilor la care sînt supuși. Izotermele se suprapun cu izobarele în domeniul de saturație (vaporizare), cuprins între curbele de titlu $x=0$ și $x=1$. Punctul critic de pe diagramă notat cu K are coordonatele $p_k=221,29$ bar; $v_k=0,00326$ m³/kg; $T_k=647,3$ K; $s_k=4,43$ kJ/kg·K.

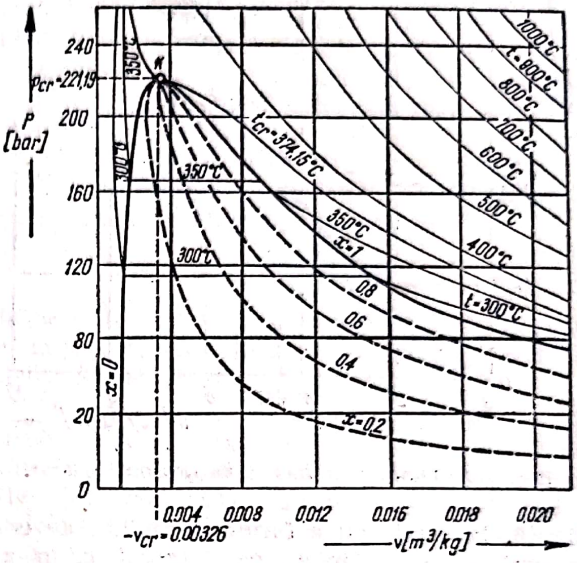


Fig. A.1. Diagrama p-v a vaporilor de apă.

Diagramele T-s și h-s ale vaporilor de apă sînt prezentate în fig. A.2 și A.3. În diagrama T-s (fig. A.2) sau diagrama entropică a vaporilor de apă, se observă suprapunerea izobarelor cu izotermele în domeniul de saturație. În zona de supraîncălzire, izobarele și izocorele au o formă logarit-

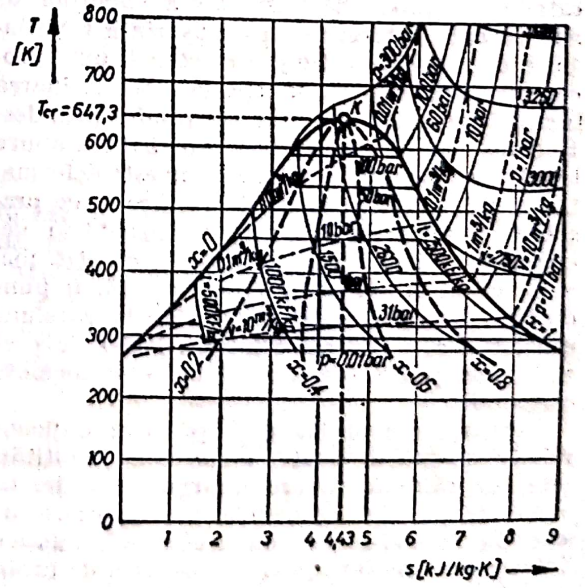


Fig. A.2. Diagrama T-s a vaporilor de apă.

mică (izocorele sînt mai înclinate). În diagrama *h-s* a vaporilor de apă (fig. A.3), propusă în anul 1904 de către Mollier, punctul critic are coordonatele s_k=4,43 kJ/kg·K și h_k=2 100 kJ/kg și este plasat pe ramura din stînga a curbei

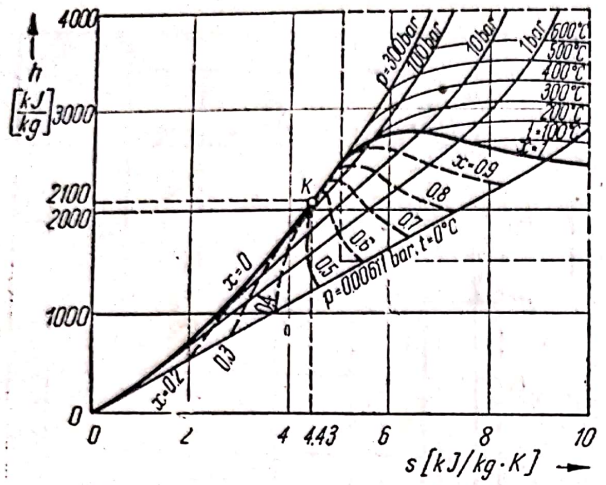


Fig. A.3. Diagrama *h-s* a vaporilor de apă.

limită. Izocorele au o formă apropiată de cea a curbelor logaritmice, pe întregul cîmp al diagramei. În zona vaporilor saturați umezi, izotermele se suprapun pe izobare, reprezentate în acest domeniu prin drepte înclinate. În zona vaporilor supraîncălziți, izobarele devin curbe logaritmice a căror pantă este mai mică decît cea a izocorelor, iar izotermele devin curbe cu concavitatea în jos, tinzînd asimptotic către orizontală. Diagrama *h-s* a vaporilor de apă permite determinarea cu ușurință a variațiilor de entalpie în timpul efectuării unui proces termodinamic și, în special, determinarea lucrului mecanic consumat sau produs prin destinderea sau cnmprimarea adiabată a aburului. Alura logaritmică a izobarelor este deformată datorită variației căldurii specifice c_p cu presiunea. Deformarea este mai accentuată în vecinătatea regiunilor de lichefiere, cu atît mai mult cu cît presiunea este mai ridicată. În punctul critic, în care căldura specifică la presiune constantă c_p tinde către infinit, izobarele prezintă un punct de inflexiune cu tangentă orizontală.

Deoarece se obține din apă prin mijloace relativ simple și poate înmagazina cantități mari de căldură, **a.** are multiple utilizări ca agent termic în agregatele producătoare de energie mecanică (mașini și turbine cu abur), în cele mai variate tipuri de instalații de încălzire (în industriile: chimică, alimentară, textilă etc.), în instalații de sterilizare, de încălzire a localurilor etc.

În funcție de temperatură există: **a.** saturat și **a.** supraîncălzit.

A. saturat are temperatura egală cu temperatura de saturație corespunzătoare presiunii la care se găsește. Pentru a provoca condensarea **a.** saturat este suficient ca temperatura acestuia să scadă cu o cantitate infinit mică.

A. saturat uscat este **a.** din care lipsește complet faza lichidă (titlu x=1). O creștere infinit mică a temperaturii **a.** saturat uscat provoacă trecerea aburului în domeniul de supraîncălzire, în timp ce o micșorare infinitezimală a temperaturii provoacă condensarea lui parțială (transformarea în abur saturat umed). Aburul suprasaturat uscat reprezintă o stare limită între aburul saturat umed și cel supraîncălzit.

Mărimile de stare ale **a.** saturat uscat pot fi determinate direct din tabelele de abur sau prin calcul din următoarele relații:

$$\textit{Entalpia: } h''=h'+r=h'+\rho+\psi \quad [\text{J/kg}]$$

$$\textit{Energia internă: } u''=u'+r \quad [\text{J/kg}]$$

$$\textit{Entropia: } s''=s'+\frac{r}{T_s} \quad [\text{J/kg·K}],$$

unde h', u', s' sînt mărimile de stare respective ale apei la saturație; h'', u'', s'' — mărimile de stare respective ale aburului saturat uscat; r — căldura latentă de vaporizare; $\rho=u''-u'$ și $\psi=p(v''-v')$, respectiv (căldura) internă și (căldura) externă de vaporizare; T_s — temperatura de saturație.

Căldura necesară pentru producerea unui kilogram de **a.** saturat uscat este dată de relația:

$$q=q_a+r=h''-h_0 \quad [\text{J/kg}].$$

Pentru vaporizare la presiune constantă p_s:

$$q_a=h'-h_0=(u'-u_0)+p_s(v'-v_0) \quad [\text{J/kg}]$$

$$r=h''-h'=(u''-u')+p_s(v''-v') \quad [\text{J/kg}],$$

în care: simbolurile cu indicele „o" se referă la mărimile de stare ale apei la temperatura de 0°C și presiunea p_s; q_a — cantitatea de căldură necesară pentru a aduce apa de la 0°C la temperatura de saturație (la presiunea constantă p_s); $h_0=u_0+p_sv_0$ — entalpia specifică a apei la 0°C și la presiunea p_s.

Pentru **a.** saturat uscat, exponentul adiabatic are valoarea k=1,135. Acest exponent nu mai este egal cu raportul căldurilor specifice c_p/c_v, fiind doar un coeficient (determinat experimental).

A. saturat uscat poate fi obținut din **a.** saturat umed prin separarea pe cale mecanică a picăturilor de apă din abur.

A. saturat umed (Sin.: **Abur umed**) este un amestec de două faze ale aceluiași component, în echilibru termodinamic: faza lichidă (apă în stare de saturație) și faza gazoasă (**a.** saturat uscat). La limită devine abur

saturat uscat, cînd a dispărut faza lichidă. Fiecărei presiuni îi corespunde o anumită temperatură de saturație. Variația temperaturii de saturație t_s în funcție de presiunea de saturație p_s este reprezentată de curba de vaporizare a apei, iar valorile respective se găsesc în tabelele de abur saturat. Pentru calcule aproximative, legătura dintre p_s și t_s poate fi obținută cu relația:

$$p_s = \left(\frac{t_s}{100}\right)^4 \left[\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{m}^2}\right].$$

A. saturat umed este un amestec de **a.** saturat uscat și apă, la temperatura de saturație. Participația masică a **a.** saturat uscat în amestecul format din **a.** saturat uscat și apă la temperatura de saturație poartă numele de *titlu* al **a.** (simbol x) și poate lua valori între zero (pentru apa în stare de saturație) și 1 (pentru **a.** saturat uscat). În **a.** saturat umed, apa poate fi uniform repartizată în toată masa amestecului, sub formă de picături fine, în suspensie (ex.: conductele prin care circulă **a.** saturat umed) sau poate coexista în același spațiu cu aburul, sub formă de masă lichidă distinctă (ex.: în recipientele în care se produce vaporizarea apei sau condensarea aburului).

Mărimile de stare ale **a.** saturat umed pot fi determinate, direct din diagrame sau prin calcul, cu următoarele relații:

volumul specific : $v_x = v' + x\,(v'' - v')$ [m³/kg]

entalpia : $h_x = h' + x(h'' - h') = h' + xr$ [J/kg]

energia internă : $u_x = u' + x(u'' - u') = u' + xr$ [J/kg]

entropia : $s_x = s' + x(s'' - s') = s' + x\frac{r}{T_s}$ [J/kg·K]

Pentru presiuni pînă la circa 25 bar și pentru valori ale titlului apropiate de unitate se poate utiliza formula aproximativă: $v_x \cong xv''$.

Pentru vapori de apă la $p < 20$ bar și titlu $x > 0{,}75$, *coeficientul adiabatic* k se poate calcula cu expresia: $k = 1{,}035 + 0{,}1x$.

Nu este indicat transportul **a.** saturat umed la distanțe mari, prin conducte, datorită coeficientului mare de transfer de căldură $\alpha = 4000 - 7\,000$ W/m²K, ceea ce duce la pierderi mari de căldură prin condensare. **A.** saturat umed este foarte mult întrebuințat în schimbătoare de căldură (instalații de încălzire, distilatoare, concentratoare etc.) și în mașini de forță de construcție mai veche (motoare cu abur, unele locomotive cu abur, turbine etc.). Mașinile de forță moderne sînt alimentate cu abur supraîncălzit care devine umed în ultima parte (cea de joasă presiune) a mașinii, ca urmare a destinderii acestuia, ceea ce constituie un mare inconvenient, întrucît duce la uzura rapidă sau chiar la distrugerea mașinilor (eroziunea paletelor la turbine, lovituri de berbec în cilindru la mașinile de abur cu piston). Pentru a evita apariția acestor fenomene este necesară supraîncălzirea puternică a **a.** de alimentare sau supraîncălzirea intermediară.

A. supraîncălzit este **a.** a cărui temperatură este superioară temperaturii de saturație corespunzătoare presiunii la care se găsește. Diferența dintre temperatura aburului supraîncălzit (temperatura de supraîncălzire) și temperatura de saturație se numește *grad de supraîncălzire*; cu cît acest grad este mai mare, cu atît aburul are o comportare mai apropiată de aceea a gazelor perfecte.

Ecuația de stare a **a.** puternic supraîncălzit (simplificată) este:

$$p(v + 0{,}016) = RT,$$

în care $R = 703$ J/kg·K. Erorile date de această ecuație sînt admisibile numai pentru presiuni mai mici de 12 bar.

Mărimile de stare ale **a.** supraîncălzit pot fi obținute din diagrame, din tabele sau prin calcule, din ecuații (de exemplu: ecuația Clapeyron-Clausius), sau în funcție de mărimile de stare ale aburului saturat uscat, cu relațiile:

$$\textit{entalpia}: h = h'' + \int_{T_s}^{T} c_p \mathrm{d}T = h'' + c_{pm}(T - T_s) \quad [\mathrm{J/kg}]$$

$$\textit{entropia}: s = s'' + \int_{T_s}^{T} c_p \frac{dT}{T} = s'' + c_{pm} \ln \frac{T}{T_s} \quad [\mathrm{J/kg}],$$

în care c_p și c_{pm} sînt, respectiv, căldura specifică și căldura specifică medie a vaporilor supraîncălziți la presiune constantă.

Căldura necesară pentru producerea unui kilogram de **a.** supraîncălzit la presiunea p și temperatura T este:

$$q = q_a + r + \int_{T_s}^{T} c_p \mathrm{d}T = q_a + r + c_{pm}(T - T_s).$$

Cu cît gradul de supraîncălzire este mai înalt, cu atît relația $\mathrm{d}h = c_p \mathrm{d}T$ (valabilă pentru gaze ideale) dă rezultate mai exacte.

Căldura specifică a **a.** supraîncălzit prezentată în fig. A.4 variază mult nu numai cu temperatura, ca la gazele perfecte, ci și cu presiunea. La o anumită presiune, odată cu creșterea gradului de supraîncălzire, căldura specifică scade repede pînă

Scanned with OKEN Scanner

la o valoare minimă și apoi crește lent. Influența presiunii asupra căldurii specifice scade odată cu creșterea gradului de supraîncălzire. La presiuni înalte, căldura specifică crește mult cînd temperatura scade, valorile maxime fiind atinse de a. saturat uscat. În jurul punctului critic, valoarea căldurii specifice tinde către infinit.

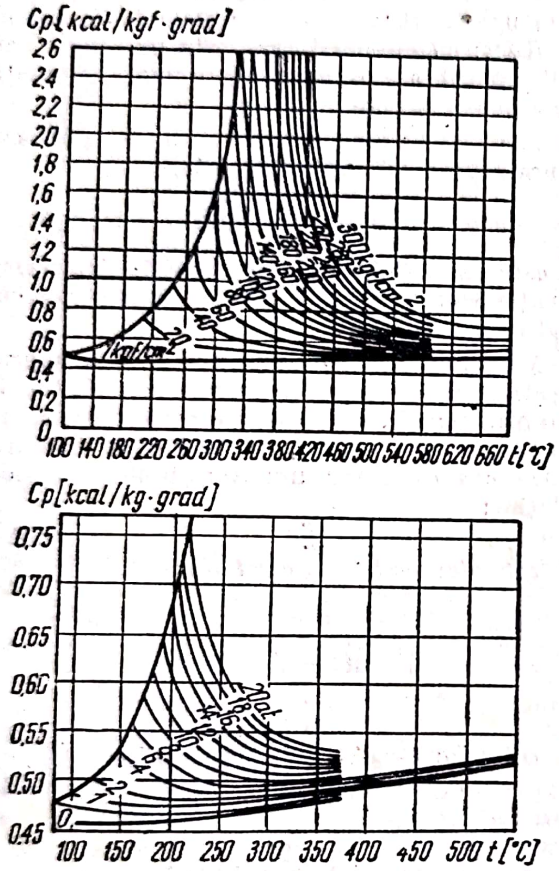


Fig. A.4. Variația căldurii specifice funcție de temperatură pentru abur supraîncălzit (1 kcal/kg·grd=4,1867 kJ/kg·grd)

Pentru a. supraîncălzit, exponentul adiabatic are valoarea $k=1{,}3$.

A. supraîncălzit se obține prin încălzirea aburului saturat uscat într-un schimbător de căldură, numit *supraîncălzitor*. Este utilizat pe scară largă în mașini de forță cu abur (turbine, mașini cu piston), întrucît creșterea gradului de supraîncălzire determină o creștere importantă a randamentului mașinii. Pentru transportul la distanță prin conductă, se recomandă ca aburul să fie ușor supraîncălzit, deoarece pierderile prin condensare sînt, în acest caz, foarte mici sau chiar nule, datorită coeficientului său de schimb de căldură α mult mai mic decît cel al aburului saturat.

După valoarea presiunii se deosebesc: **a.** de joasă presiune, **a.** de medie presiune, **a.** de înaltă presiune și **a.** la stare normală.

A. de joasă presiune are presiunile cuprinse între 1 și 12 bar și temperatură pînă la 300°C; este folosit în scopuri tehnologice, pentru alimentarea turbinelor de putere mică și a mașinilor cu piston de construcție mai veche. În prezent, se evită folosirea **a.** de joasă presiune pentru producerea energiei mecanice.

A. de medie presiune are presiuni cuprinse între 12 și 50 bar și temperaturi de 300—450°C. Este folosit pentru alimentarea turbinelor cu **a.** de putere mijlocie (de la 2—3 MW pînă la 15 MW) a turbinelor cu **a.** de putere mare de construcție mai veche și a mașinilor cu abur de turație înaltă.

A. de înaltă presiune are presiuni mai înalte de 50 bar și temperaturi ce depășesc 450°C. Presiunea ajunge în mod curent la 250 bar, în unele cazuri atingînd chiar 370 bar, iar temperatura se ridică uzual la 540—570°C, uneori chiar pînă la 650°C. **A.** de înaltă presiune este folosit pentru alimentarea turbinelor de putere mare (de la cîteva zeci pînă la cîteva sute de MW) cu condensație și a turbinelor de putere mijlocie (de cîțiva MW) cu contrapresiune.

A. la stare normală are presiunea de 760 mm Hg și temperatura de 100°C. *Entalpia* **a.** normal este $h_0=2\,674{,}2$ kJ/kg.

După modul de obținere, se deosebesc: **a.** laminat, **a.** proaspăt (viu), **a.** uzat (de evacuare) și **a.** prelevat (de la priză).

A. laminat este **a.** a cărui presiune a fost redusă înainte de a fi folosit, într-un reductor de presiune, pînă la valoarea necesară consumatorului de abur. Entalpia **a.** laminat este egală cu entalpia **a.** înainte de laminare: energia mecanică realizabilă din **a.** laminat prin destindere adiabatică pînă la aceeași presiune este, însă, mai mică decît energia mecanică realizabilă cu abur nelaminat. De aceea, utilizarea **a.** laminat reprezintă o soluție neeconomică energetic, fiind inferioară din acest punct de vedere întrebuințării **a.** uzat sau prelevat și chiar a **a.** proaspăt. Totuși, este folosit în industrie pentru alimentarea cu căldură a micilor consumatori a căror pondere în ansamblul instalației nu justifică complicațiile constructive și investițiile impuse de folosirea aburului uzat, prelevat sau proaspăt.

A. prelevat este **a.** luat de la o priză situată între etajele unei turbine sau dintre cilindrii unui motor cu abur cu piston. Soluția se folosește, cînd presiunea aburului necesară consumatorului de căldură trebuie să fie mai înaltă decît presiunea **a.** evacuat din mașină. Presiunea **a.** prelevat poate să fie menținută la valoarea necesară consumatorului de căldură la mașinile cu priză reglabilă (echipate cu regulatoare de presiune) sau să crească odată cu sarcina mașinii, la mașinile cu prize nereglabile. Este o soluție foarte avantajoasă din

Scanned with OKEN Scanner

punct de vedere economic, deoarece permite producerea combinată a energiei mecanice și a căldurii. O parte din entalpia **a.** este utilizată pentru producerea energiei mecanice în etajele care preced priza. **A.** prelevat este folosit fie în instalațiile de termoficare industrială (ex.: **a.** pentru scopuri tehnologice), fie în instalațiile de încălzire a clădirilor.

A. proaspăt (viu) este **a.** produs de generatorul de **a.** fără să fi suferit o altă transformare decît, eventual, pierderea de presiune și de temperatură, în timpul transportului pe conductă, de la generatorul de **a.** la punctul de utilizare.

A. uzat este **a.** evacuat din mașinile de **a.** Întrebuințarea lui este foarte avantajoasă din punct de vedere economic la încălzire. Avantajul maxim se obține, cînd se folosește întreaga cantitate de abur evacuată din mașină.

A. evacuat din mașinile cu contrapresiune (cu presiunea de evacuare sensibil superioară presiunii atmosferice) poate fi folosit atît pentru încălzire (în scopuri tehnologice și la încălzirea imobilelor), cît și pentru alimentarea mașinilor cu **a.** de joasă presiune. **A.** evacuat din mașinile cu evacuarea în atmosferă sau din mașinile cu condensație moderată (care funcționează cu vid relativ slab) poate fi întrebuințat la încălzit, în special în scopuri tehnologice (de ex.: la preîncălzirea apei de alimentare a cazanului unei locomotive) sau la alimentarea unor mașini auxiliare (de ex.: turboventilatoare de tiraj la locomotivă, turbine pe nave etc.). **A.** evacuat din motoarele cu condensație pronunțată (care funcționează cu vid înaintat) nu mai poate fi folosit, avînd presiune joasă și o temperatură numai cu puțin superioară temperaturii mediului ambiant.

După scopul în care **a.** este întrebuințat se deosebesc: **a.** pentru încălzire, **a.** pentru industrie, **a.** contra incendiilor etc.

A. pentru încălzire este, în general, **a.** saturat de joasă presiune (1,2—2,5 bar), folosit pentru încălzirea imobilelor sau producere de apă caldă. **A.** pentru încălzit poate fi produs în cazane speciale, de joasă presiune (și, eventual, laminat), sau poate fi preluat de la o centrală termoelectrică de termoficare (ca abur prelevat sau ca abur uzat), ultima soluție fiind mult mai avantajoasă decît prima.

A. contra incendiilor este **a.** insuflat sub presiune, prin ajutaje fixe, dispuse astfel, încît să dirijeze vîna de **a.** asupra locului în care există pericol de incendiu.

A. pentru industrie este folosit pentru alimentarea agregatelor sau a instalațiilor tehnologice care au nevoie de căldură sau chiar de abur ca atare (preîncălzirea apei de alimentare a cazanelor în centralele termoelectrice, alimentarea instalațiilor din industria chimică, textilă, alimentară etc.). **A.** pentru industrie poate fi produs în cazane speciale sau poate fi abur prelevat sau uzat, ultima soluție fiind de preferat celei dintîi.

A. deșeu este rezultat din procesele tehnologice în care se urmărește alt scop decît producerea de **a.** (**a.** rezultat la stingerea cocsului sau la răcirea zgurii, aburul secundar etc.). Prin recuperarea căldurii aburului-deșeu se pot realiza economii importante de combustibil.

ACTIVITATE CAPILARĂ (Sin.: **CAPILARITATE**). Ansamblu de fenomene ce apare la contactul dintre un lichid și un solid sau dintre două lichide nemiscibile, datorită forțelor capilare. Moleculele conținute în interiorul unui lichid sînt supuse unor forțe exercitate de moleculele înconjurătoare ale căror rezultante sînt nule, iar moleculele din vecinătatea suprafeței lichidului sînt supuse unor forțe de același gen, care dau rezultante îndreptate spre interiorul lichidului. Forțele intermoleculare acționează pe distanțe mici, fiind invers proporționale cu acestea, astfel încît grosimea stratului superficial în care se manifestă forțele orientate către interior este foarte mică, de ordinul de mărime al cîtorva diametre moleculare. Din această cauză, o masă oarecare de lichid își modifică forma astfel încît, la volumul dat, suprafața ei liberă să fie minimă (forma sferică a picăturilor mici care cad libere, sau a picăturilor în suspensie dintr-un alt lichid, de aceeași densitate); o masă dată dintr-un lichid este în echilibru, cînd energia ei liberă superficială este minimă în condițiile în care se găsește lichidul. Energia liberă superficială W este dată de expresia $W=\sigma \cdot A$, în care A este aria suprafeței libere a lichidului, iar σ este o mărime constantă, caracteristică pentru un lichid dat și este definită ca forța ce se exercită asupra unității de lungime de pe suprafața acestuia. Ea se numește *constantă capilară* sau *tensiune superficială a lichidului*. Valoarea ei scade, cînd temperatura crește, tinzînd către zero cînd temperatura tinde către temperatura critică a lichidului respectiv. Tensiunea superficială molară a tuturor lichidelor constituite din molecule neasociate variază în același mod cu temperatura, conform relației:

$$\sigma(M \cdot v)^{2/3} = k(T_{cr} - T),$$

în care: $(M \cdot v)^{2/3}$ este tensiunea superficială molară; σ — tensiunea superficială a lichidului; M — masa molară; v — volumul specific; T — temperatura lichidului; T_{cr} — temperatura critică; k — constantă egală cu 2,1 erg/K (cînd σ este exprimat în dyn/cm) pentru lichidele neasociate. Datorită tensiunii superficiale, la suprafața de contact dintre un lichid și un perete solid, apare fenomenul de capilaritate, care se manifestă diferit, în funcție de direcția

Scanned with OKEN Scanner

rezultantei forţelor moleculare ce se exercită asupra moleculei de lichid din vecinătatea peretelui (fig. A.5). Astfel, dacă rezultanta R este orientată spre interiorul masei de lichid (fig. A.5 a), aceasta nu udă peretele solid şi suprafaţa lui, perpendiculară în fiecare punct pe direcţia rezultantei aplicată în acel punct are forma unui menisc convex (ex.: mercur şi sticlă). Dacă rezultanta R este îndreptată spre interiorul solidului (fig. A.5 b), lichidul udă peretele solid şi meniscul este concav (ex.: apă şi sticlă).

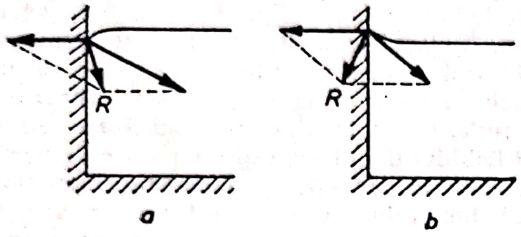


Fig. A.5. Suprafaţa unui lichid la contactul cu un corp solid:
a — lichidul nu udă corpul solid; *b* — lichidul udă corpul solid; R — rezultanta forţelor care acţionează asupra moleculelor în lichid.

Efectele **a. c.** sînt diverse:

1. Dacă lichidul este conţinut fie într-un tub de diametru mic, fie între doi pereţi solizi apropiaţi, fenomenul de capilaritate produce o curbare a întregii suprafeţe libere a lichidului într-un sens sau altul (fig. A.6). Astfel, apare o coborîre în cazul lichidului care nu udă pereţii (fig. A.6 a) şi o ascensiune, numită *ascensiune capilară*, în cazul lichidului care udă pereţii (fig. A.6 b). Înălţimea h la care se ridică un lichid ce udă pereţii, într-un tub sau între doi pereţi paraleli, în raport cu suprafaţa liberă orizontală a lichidului conţinut în vasul de dimensiuni mari în care este introdus tubul, este dată, într-o primă aproximaţie, de *legea lui Jurin*: $h=2\sigma/\rho rg$, în care ρ este densitatea lichidului, r — raza tubului şi g — acceleraţia gravitaţiei. Legea lui Jurin poate fi folosită şi pentru lichide care nu udă pereţii.

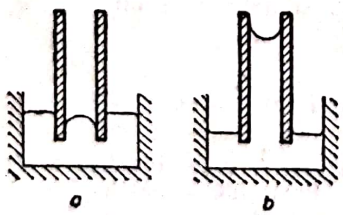


Fig. A.6. Lichid într-un tub capilar:
a — lichidul nu udă pereţii tubului; *b* — lichidul udă pereţii tubului.

2. Un efect de **a.c.** asemănător apare şi între doi pereţi solizi ce formează între ei un unghi mic şi care sînt introduşi într-un vas cu lichid (fig. A.7). Curba de contact dintre lichid şi unul dintre pereţi este o hiperbolă echilateră, înălţimea de ridicare fiind invers proporţională cu distanţa dintre lame, deci cu distanţa pînă la muchia lor comună.

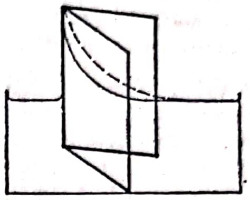


Fig. A.7. Efectul activităţii capilare între doi pereţi solizi.

3. Alt efect de **a.c.** este formarea picăturilor. În cazul picăturilor formate la extremitatea unui tub de rază mică, menţinerea acestora în contact cu tubul se datorează forţelor capilare pe conturul de contact dintre lichid şi tub. O picătură se detaşează şi cade în momentul în care greutatea ei depăşeşte rezultanta acestor forţe. În realitate, greutatea picăturii detaşate este mai mică decît greutatea maximă pe care o pot reţine forţele capilare, deoarece picătura se strangulează şi se rupe sub buza tubului (fig. A.8). Masa m a picăturii desprinse depinde de natura lichidului şi de raza tubului şi este dată de expresia:

$$m=2\pi r\sigma f\left(r;\frac{1}{\sqrt[3]{V}}\right),$$

în care: r este raza tubului; σ — tensiunea superficială a lichidului; V — volumul picăturii. Forma picăturilor depuse pe un corp solid pe care nu îl udă depinde de: natura şi densitatea lichidului, natura corpului solid şi volumul picăturii. În general, forma unei picături mici, compusă din lichide de densitate mică, este aproximativ sferică, picăturile mari turtindu-se pe verticală sub acţiunea forţelor de gravitaţie.

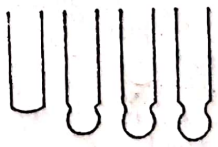


Fig. A.8. Fazele formării unei picături la capătul unui tub.

4. Fenomene asemănătoare cu cele de la suprafaţa liberă a unui lichid se produc şi la suprafaţa de contact dintre două lichide nemiscibile. Rolul tensiunii superficiale îl are acum mărimea numită *tensiune interfacială* (dintre cele două lichide). Cînd pe suprafaţa unui lichid se toarnă o cantitate mică dintr-un alt lichid cu o densitate mai scăzută, aceasta

din urmă fie se întinde ca un strat subțire pe suprafața primului lichid, fie formează picături pe această suprafață (fig. A.9).

Fiind date tensiunile superficiale σ_1 și σ_2 ale celor două lichide și $\sigma_{1,2}$ — tensiunea interfacială dintre ele, apariția situațiilor de mai sus este posibilă prin îndeplinirea următoarelor condiții:

$\sigma_2+\sigma_{1,2}<\sigma_1$ — formarea unui strat superficial continuu;

$\sigma_2+\sigma_{1,2}>\sigma_1$ — formarea unei picături stabile de forma din fig. A.9.

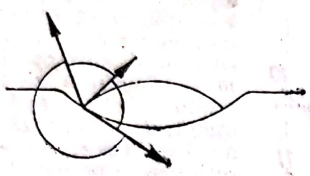


Fig. A.9. Picătură pe suprafața unui alt lichid.

Fenomenul de **a.c.** are un rol important în mediile poroase (la cele nesaturate, cu lichid), la contactul dintre faza lichidă și perete. Datorită acestor fenomene, în cazul unor pori cu diametrul suficient de mic, suprafața de separație dintre cele două faze capătă forma de menisc, iar în condițiile de echilibru, presiunea din concavitatea meniscului depășește presiunea din partea convexă. Presiunea în lichid, sub meniscul capilar, devine astfel mai mică decît cea din gazul aflat deasupra meniscului, producîndu-se fenomenul de *sucțiune capilară*. Astfel, dacă se consideră un tub capilar de rază variabilă (fig. A.10) sucțiunea capilară din *A* este mai mare decît sucțiunea capilară din *B*, producîndu-se deplasarea picăturii de lichid. Datorită sucțiunii capilare are loc migrația umidității în corpurile capilar poroase.

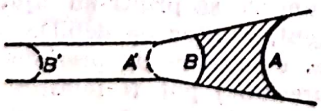


Fig. A.10. Sucțiune capilară în orificii de diferite diametre.

ACUMULATOR DE CĂLDURĂ. Aparat sau rezervor pentru stocarea căldurii sub diferite forme sau a agenților purtători de căldură. Căldura este stocată în **a. de c.**, în fluide, cum ar fi aburul și gazul. Ele sînt înmagazinate în acumulatoare de abur, respectiv de gaz.

A. de c. sînt de următoarele tipuri: cu apă, cu abur și cu gaze.

A. de c. cu apă (Sin.: **Boiler**) este un aparat de schimb de căldură cu acțiune discontinuă care lucrează în regim variabil, nestaționar, folosind ca agent termic primar apă caldă sau abur. Este destinat alimentării cu apă caldă a consumatorilor urbani și industriali. Apa cu temperatură inițială t_1 se încălzește în el într-o anumită perioadă de timp (4—6 ore), după care îl părăsește la temperatura $t_2>t_1$ pentru a intra în circuitul de alimentare a consumatorilor. Datorită regimului nestaționar de temperaturi, calculul termic al acestor tipuri de aparate se efectuează pe baza cantității de căldură transmisă și nu a fluxurilor termice.

Pentru construcție și metodă de calcul — v. Boiler.

A. de c. cu abur este un rezervor de înmagazinare a aburului, folosit pentru reglarea debitului și uneori a presiunii în rețelele de abur. **A. de c.** colectează abur proaspăt sau uzat, în timpul golurilor de sarcină al consumatorilor, pentru a-l reda în timpul încărcărilor de vîrf; el poate fi folosit și ca tampon între mașinile primare cu evacuare intermitentă, pentru a asigura alimentarea continuă a mașinilor cu abur uzat.

După presiunea la care se realizează acumularea și debitarea aburului, se deosebesc: **a.** cu cădere de presiune și **a.** cu presiune constantă.

A. de c. cu cădere de presiune funcționează cu presiune variabilă (crește la încărcare și scade la descărcare). Ele pot fi clasificate după presiunea medie p_m sau maximă (p_{max}) de lucru în: **a. de c.** de înaltă presiune (p_m=6...12 bar și p_{max}=20 bar); **a. de c.** de presiune medie (p_m=2...6 bar) și **a. de c.** de joasă presiune ($p_{max}<1{,}2$ bar). Alegerea presiunii de funcționare depinde de presiunea aburului disponibil și de poziția **a. de c.** în rețea.

A. de c. *de înaltă și de medie presiune* sînt rezervoare închise (de tablă sau de oțel, sudate sau nituite) de formă cilindrică, montate orizontal sau vertical (fig. A.11 și A.12). Sînt echipate cu dispozitive pentru admisia și evacuarea aburului și cu aparate de control și reglare. Acumularea se realizează prin condensarea aburului în apă, care la plină sarcină ocupă 90—95% din volumul util al rezervorului.

Încărcarea se face automat, în timpul reducerii consumului, cînd aburul în exces din rețea pătrunde în **a. de c.** printr-un separator și prin dispozitivul de injecție și amestec. Odată cu condensarea aburului, presiunea în **a. de c.** crește. Datorită aportului de căldură a aburului introdus, entalpia apei din **a. de c.** crește cu: $dh=\frac{dm}{m}(r+h_{si})$, în care dh [kJ/kg] este creșterea entalpiei apei prin încărcare; m [kg] — cantitatea de apă din **a.** înainte de

încărcare; dm [kg] — cantitatea de abur acumulat; r și h_{si} [kJ/kg] — căldura latentă de vaporizare și entalpia aburului supraîncălzit introdus. Prin integrarea ecuației se obține o expresie de forma:

$$\frac{m_2}{m_1} = \frac{\Phi_2}{\Phi_1},$$

în care m_1 și m_2 sînt cantitățile de apă din a. de c. în două situații oarecare în timpul încărcării, iar Φ_1 și Φ_2 sînt valorile funcției de temperatură:

$$\Phi = e^{\int_{t=0}^{t=t_s} \frac{dh'}{r+h_{si}}}$$

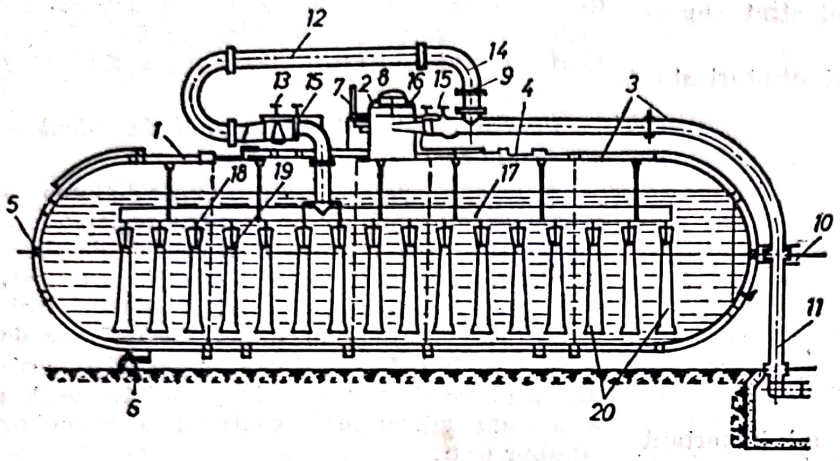


Fig. A.11. Acumulator de căldură orizontal:
1 — manta; *2* — dom de colectare a aburului; *3* — înveliș izolator; *4* — îmbrăcăminte de tablă; *5* — gură de vizitare; *6* — conductă de golire; *7* — termometru; *8* — supapă de aerisire; *9* — supapă de siguranță; *10* — conductă de la pompa de alimentare cu apă; *11* — conductă de abur; *12* — conductă de încărcare; *13* — ventil de reținere pentru descărcare; *15* — valve de închidere; *16* — ajutaj; *17* — conductă distribuitoare; *18* — injector; *19* — pulverizatoare; *20* — injector pentru amestec.

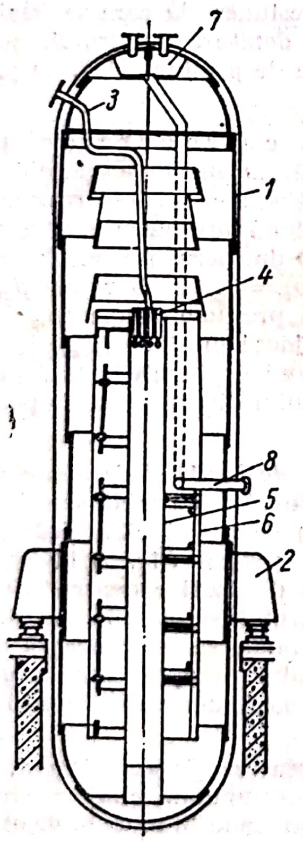


Fig. A.12. Acumulator de căldură vertical:
1 — manta; *2* — suporturi; *3* — conductă de încărcare; *4* — injectoare; *5, 6* — șicane pentru dirijarea autocirculației apei; *7* — colector de abur; *8* — conductă de descărcare.

Prin integrarea acestei funcții între temperatura zero și temperatura momentană de saturație t_s a apei din a. de c. (valori uzuale sînt $\Phi = 1...1{,}5$), se obține:

$$\frac{m_{max}}{m_{min}} = \frac{\Phi_{max}}{\Phi_{min}} = 1 + \frac{C}{m_{min}},$$

unde $C = m_{max} - m_{min}$ este capacitatea de acumulare a a. de c. care depinde de volumul rezervorului și de intervalul de presiune în care el funcționează.

Descărcarea a. de c. se face automat, în orele de vîrf, cînd presiunea din rețea scade sub presiunea din rezervor. Aburul, produs în mod continuu prin scăderea presiunii, părăsește rezervorul, trecînd prin separatorul de evacuare (uneori și printr-un ajutaj convergent-divergent, limitor de debit).

A. de c. cu cădere de presiune (de înaltă și medie presiune) pot fi folosite pentru alimentarea turbinelor cu abur acumulat sau cu dublă alimentare, în scopul preluării vîrfurilor de sarcină (fig. A.13 și A.14) în centralele termoelectrice a căror exploatare se caracterizează prin oscilații mari ale consumului de energie. Folosirea acumulatoarelor în locul cazanelor de rezervă este cu atît mai rațională, cu cît vîrfurile de sarcină sînt mai mari (25—50% din sarcina normală) și de durate mai scurte (15 min—1,5 h).

Uneori, în centralele mixte se intercalează un a. de c. cu abur între rețeaua energetică (rețeaua de alimentare a turbinelor) și cea de termoficare (rețeaua de abur tehnologic sau de încălzire), pentru a asigura alimentarea continuă a rețelei de termoficare în timpul vîrfu-

rilor de sarcină. În centralele moderne, a. de c. cu cădere de presiune se folosesc numai ca elemente de reglaj ale cazanelor cu volum mic de apă, complet automatizate, pentru ca reglarea să se realizeze lin și fără pendulări.

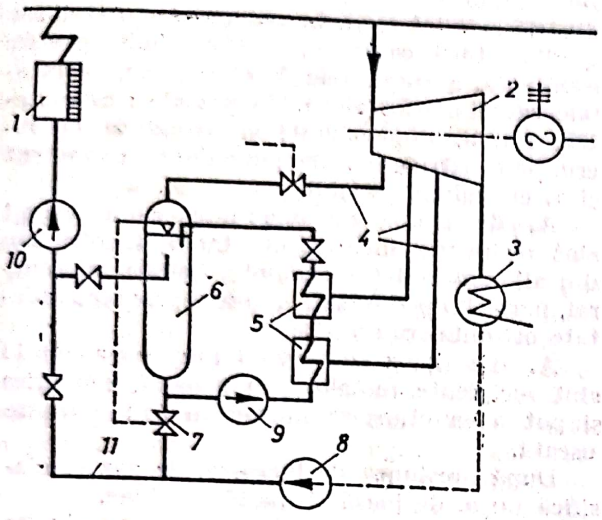


Fig. A.13. Acumulator de căldură de înaltă presiune:
1 — cazan; *2* — turbină; *3* — condensator; *4* — prize nereglate; *5* — preîncălzitoare regenerative pentru apa de alimentare a cazanului; *6* — acumulator; *7* — regulator de nivel; *8* — pompă de condens; *9* — pompă de alimentare a acumulatorului; *10* — pompă de alimentare a cazanului; *11* — conductă de ocolire.

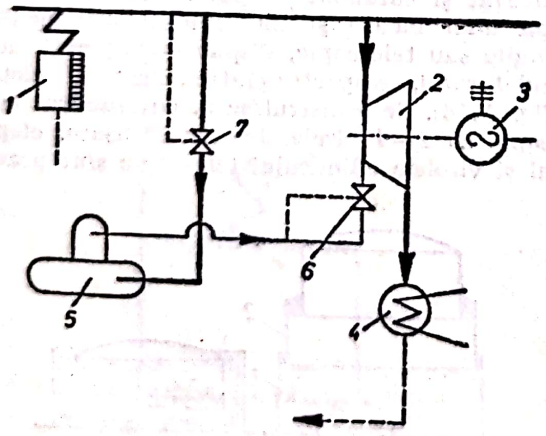


Fig. A. 14. Acumulator de căldură de presiune medie:
1 — cazan de abur; *2* — turbină; *3* — generator; *4* — conductă; *5* — acumulator; *6* — valvă de reglare automată a debitului de abur spre acumulator; *7* — valvă de reglare a emisiei de abur din acumulator.

A. de c. *de joasă presiune* sînt rezervoare închise, montate în general vertical, care pot fi cu spațiu sau fără spațiu de apă. Cele cu spațiu de apă sînt formate dintr-un recipient (metalic) închis, montat vertical, avînd în interior șicane în formă de talere (fig. A.15), dispuse în straturi suprapuse; un tub central, coaxial cu mantaua exterioară, servește la vizitarea rezervorului pentru control. Aburul uzat pătrunde pe la partea inferioară a **a. de c.** și trece de jos în sus printre șicane, condensîndu-se pe talere. La oprirea admisiei aburului de încălzire și la scăderea presiunii în conducta de descărcare, **a. de c.** debitează aburul format prin vaporizarea apei din talere. Capacitatea de acumulare a rezervorului cu talere este mică, din cauza intervalului mic de presiune în care el lucrează.

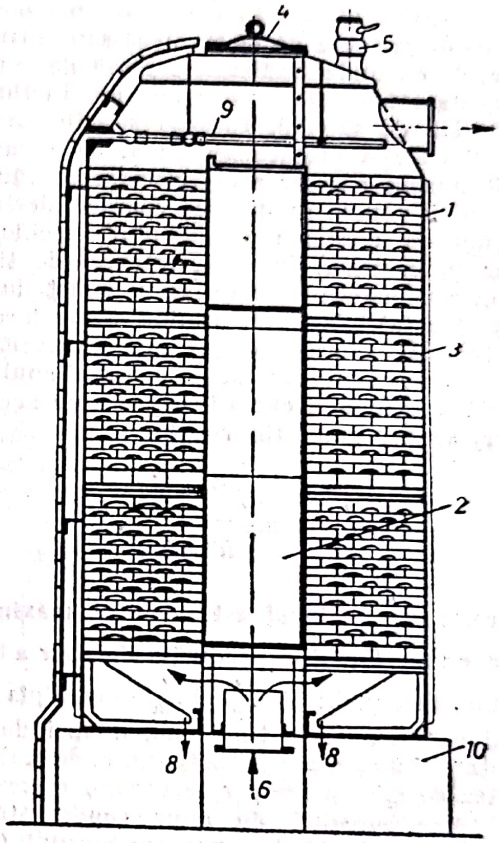


Fig. A.15. Acumulator de căldură de joasă presiune:
1 — manta exterioară; *2* — tub de vizitare; *3* — șicane cu talere; *4* — gură de vizitare; *5* — supapă de siguranță; *6* — intrarea aburului; *7* — ieșirea aburului; *8* — evacuarea condensului; *9* — conductă de apă pentru completarea apei din talere; *10* — fundații.

A. de c. cu presiune constantă au aceeași presiune la încărcare și descărcare, construindu-se pentru presiuni de cca 20 bar. Acestea pot fi clasificate, după presiunea medie de serviciu, în **a. de c.** de înaltă și de joasă presiune.

A. de c. *de înaltă presiune* sînt rezervoare închise, în general verticale, cu spațiu de apă. Constructiv, ele sînt asemănătoare **a. de c.** cu cădere de presiune, fiind echipate cu regulator de nivel (pentru menținerea nivelului

Scanned with OKEN Scanner

constant al apei din rezervor) și se folosesc pentru alimentarea cu apă preîncălzită a cazanelor cu apă. Ele constituie, de obicei, în sistemul de preîncălzire regenerativă a apei de alimentare a cazanelor ultimul etaj de preîncălzire prin amestec. În timpul încărcărilor mici ale centralei, aburul în exces (produs de cazane sau prelevat de la turbină) este introdus în **a. de c.**, unde încălzește rezerva de apă de alimentare folosită în orele de vîrf. În timpul vîrfurilor de sarcină, cazanul se alimentează numai cu apă preîncălzită în **a. de c.**, astfel încît aburul necesar preîncălzirii apei rămîne disponibil pentru producerea energiei electrice, evitîndu-se creșterea consumului specific de abur în centrală; în acest interval de timp, condensul neîncălzit este adus direct în **a.**, la partea lui inferioară, urmînd să fie încălzit în timpul golurilor de sarcină. Capacitatea maximă de debitare a **a. de c.** (în timpul alimentării cazanului exclusiv cu apă de acumulator) se exprimă prin relația:

$$m'_{max}=m''_c\frac{h''-h'_{al}}{h''-h'_{ac}},$$

în care: m'_{max} [kg/s] este debitul maxim al **a. de c.**; m''_c [kg/s] — producția de abur a tamburului cazanului: h'', h'_{al} și h'_{ac} — entalpia aburului care părăsește tamburul, a apei de alimentare și a apei preîncălzite din **a. de c.** Capacitatea de alimentare a rezervorului reprezintă cantitatea maximă de abur condensată la presiune constantă în apa rezervorului (cînd debitul de abur al tamburului este nul) și se exprimă prin relația:

$$C=m_{al}\frac{h'_{ac}-h'_{al}}{h''-h'_{ac}},$$

în care: C [kg] este capacitatea de acumulare a rezervorului; m_{al} [kg] — conținutul de apă al **a.**; h'', h'_{al} și h'_{ac} au semnificațiile de mai sus.

În general, domeniile de folosire a **a. de c.** de înaltă presiune, cu presiune constantă și cu cădere de presiune, nu pot fi delimitate precis, funcțiunile lor fiind asemănătoare. În anumite cazuri, de exemplu la exploatări cu vîrfuri pronunțate de sarcină, se folosesc amîndouă tipurile de **a. de c.**: cele cu cădere de presiune, pentru acoperirea zonei superioare a vîrfurilor și cele cu presiune constantă, pentru acoperirea zonei inferioare a acestora.

A. de c. *de joasă presiune* se construiesc numai ca rezervoare fără spațiu de apă, pentru abur uzat. Aceste **a. de c.** au construcția asemănătoare cu cea a rezervoarelor de gaz cu volum variabil.

A. de gaz (Sin.: **Rezervor de gaz**) sînt rezervoare în care se înmagazinează gazul, de exemplu: gazul de sondă, gazul de cracare, gazul produs într-un aparat generator de gaz sau într-o instalație de produs gaze (cum sînt: gazele combustibile artificiale, gazele din industria chimică etc.), în vederea depozitării sau a alimentării continue, sub presiune, practic constantă, a unei rețele de distribuție. Elementele caracteristice ale **a.** de gaz sînt: capacitatea, forma, dimensiunile și presiunea de lucru. Se construiesc **a.** de gaz cu volum constant și **a.** cu volum variabil.

A. de gaz cu volum constant sînt recipiente închise, din tablă de oțel sau din alt material (de exemplu, beton), în general, paralelipipedice sau cilindrice; ele sînt montate orizontal sau vertical.

A. de gaz cu volum variabil sînt recipiente metalice, în general, cilindrice și pot avea etanșare hidraulică sau etanșare uscată.

După presiunea de lucru, **a.** de gaz se clasifică în: **a.** de joasă și înaltă presiune.

A. de gaz de joasă presiune sînt cele care înmagazinează gazul sub presiune pînă la 500 mm H_2O (~1,05 bar). Ele se clasifică în **a.** cu etanșare hidraulică și **a.** cu etanșare uscată.

A. *de gaz de joasă presiune și etanșare hidraulică*, numite și **a.** *umede*, se compun dintr-un clopot metalic, format dintr-un rezervor fără capac, suspendat (cu ajutorul unui dispozitiv adecvat și cufundat cu partea sa deschisă în apa unui bazin) și un cilindru intermediar, simplu sau telescopic, dispus între pereții acumulatorului, respectiv între bazin și clopot (fig. A.16). Se construiesc **a.** cu cilindrul telescopic cu 2—4 virole. Pentru etanșare, clopotul și virolele cilindrului telescopic sînt prevă-

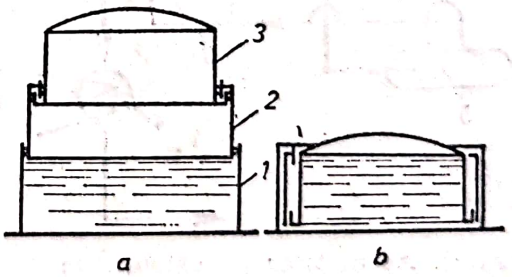


Fig. A.16. Acumulator de gaz de joasă presiune cu etanșare hidraulică:
a — plin; *b* — gol; *1* — bazin; *2* — cilindru intermediar deschis; *3* — clopot.

zute cu răsfrîngeri și jgheaburi umplute cu apă. Ca protecție contra înghețului, apa se încălzește, iar, în unele cazuri, rezervoarele sînt protejate printr-o construcție de zidărie. Presiunea gazului la ieșire depinde de greutatea părții mobile (clopot, cilindru intermediar, armăturile jgheaburilor etc.) și este, în gene-

Scanned with OKEN Scanner

ral, de 100—200 mm H_2O **A.** cu etanșare hidraulică se folosesc la depozitarea de cantități relativ mici de gaz, ajungînd, însă, pînă la capacitatea de 100 000 m^3. Cîteodată, se folosesc și ca amestecătoare de gaze de joasă presiune. Ele asigură nu numai livrarea la presiune mărită a gazului, ci și menținerea calității, adică a compoziției uniforma a gazului, fapt deosebit de important în industria chimică. Pe măsura dezvoltării aprovizionării cu gaz a orașelor, **a.** umede au fost înlocuite de cele cu etanșare uscată, de presiune joasă.

A. *de gaz de joasă presiune și etanșare uscată*, numite și **a.** *uscate*, sînt formate dintr-un rezervor cilindric sau prismatic, cu multe muchii, vertical, cu capac și cu fund rezemat pe o fundație, care are în interior un capac mobil (piston), în formă de disc metalic, echipat cu jgheab periferic pentru etanșare și cu role de ghidare. Jgheabul de etanșare este umplut cu gudron, care închide rostul dintre capac și corp; gudronul care se prelinge este colectat la baza acumulatorului și pompat din nou în jgheabul de etanșare. Un alt sistem de etanșare uscată este constituit dintr-o garnitură din bandă subțire și elastică de oțel care este apăsată de perete cu ajutorul unor pîrghii, sau din mai multe straturi de țesături cauciucate și vulcanizate. **A.** are conducte de intrare și de ieșire a gazului și o scară (pentru controlul jgheabului de etanșare și a gurei de ventilație din acoperiș) (fig. A.17).

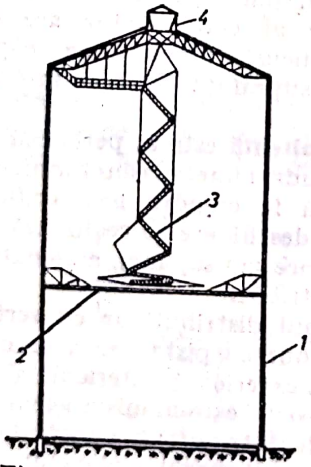


Fig. A.17. Acumulator de gaz de joasă presiune și cu etanșare uscată:
1 — rezervor; *2* — disc mobil; *3* — scară; *4* — gură de aerisire.

A. de gaz cu etanșare uscată, se construiesc pentru capacități de 600 000 m^3. Presiunea de serviciu este de aproximativ 150 mm col. apă. Avantajele față de rezervoarele umede sînt: greutatea de construcție este mai mică și consumul specific de metal mai mic; nu este nevoie de instalație de încălzire și, deci, exploatarea este mai ușoară; se obține gaz uscat sau cu umiditate constantă; presiunea este constantă. Dezavantajele rezervoarelor uscate sînt: formarea gheții pe pereții corpului și sub piston în timpul iernii, în cazul cînd gazul este umed, îngreunîndu-se astfel funcționarea pistonului; formarea amestecurilor explozive între piston și capacul rezervorului, deoarece nu se poate realiza o etanșare perfectă; necesitatea montării și a uzinării cu precizie mare.

Rezervoarele mari sînt folosite, în general, la uzinele de gaz și la stațiile de distribuire a gazelor, în sistemul de alimentare cu gaze de la distanță a orașelor și întreprinderilor industriale.

A. de gaz de înaltă presiune sînt rezervoare cu volum constant. În general sînt cilindrice, uneori cu fundurile semisferice. Aceste rezervoare sînt de construcție foarte simplă și se execută din tablă, prin sudare sau nituire; se instalează orizontal sau vertical. Capacitatea utilă a **a.** de gaz de presiune înaltă depinde de volumul geometric al acestora și de presiunea din interior. Funcționarea lor poate fi automatizată, iar exploatarea lor este

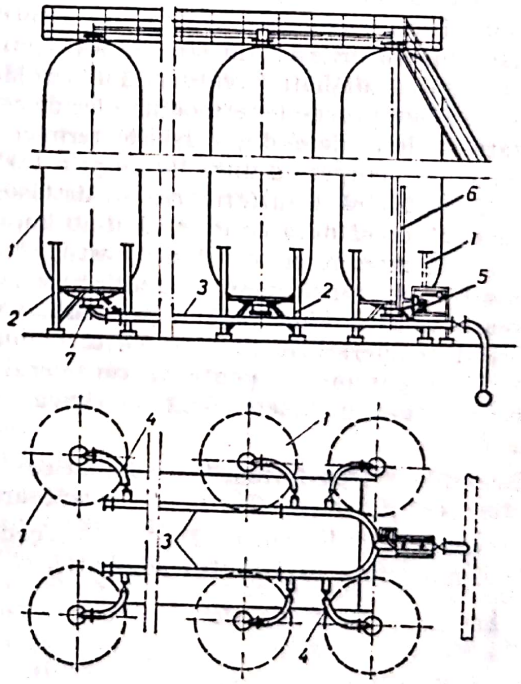


Fig. A.18. Baterie de rezervoare de gaz de înaltă presiune:
1 — rezervor; *2* — suport; *3* — rețea de distribuție; *4* — derivație pentru legarea rezervorului; *5* — supapă de siguranță; *6* — conductă de evacuare a gazului; *7* — gură de descărcare.

simplă. Cînd sînt necesare cantități mari de gaz, rezervoarele se grupează într-o baterie (fig. A.18), fiind legate la o rețea de distribuție.

ADEZIUNE. Proprietate a materiei, datorită căreia se stabilește un contact strîns între lichide și solide, cînd acestea sînt în apropiere. Termenul se aplică unei legături între substanțe diferite, în opoziție cu termenul coeziune,

Scanned with OKEN Scanner

care se referă la legături interne în aceeași substanță. Forțele de **a.** nu diferă efectiv de forțele de coeziune; amîndouă pot avea natură electrostatică sau pot proveni dintr-o legătură electronică nesaturată, sau din forțe Van der Waals (de atracție moleculară).

Comportamentul diferitelor substanțe în contact este determinat, într-o mare măsură, de intensitatea relativă a forțelor de **a.** existente între diverse materiale și a forțelor de coeziune ce intervin între moleculele aceloraşi materiale. Aceste considerații sînt importante în studiul proprietăților fizice, cum ar fi tensiunea superficială sau capilaritatea, în cazul lichidelor și adsorbția gazelor la suprafața unui solid sau a unui lichid. În practică, **a.** între două corpuri este puternic influențată de calitatea suprafețelor care intră în contact; cantitățile mici de impurități sau de gaze adsorbite, sau straturile subțiri de oxid modifică forțele de **a.** (v. și Coeziune).

ADIABATĂ. Transformare termodinamică, caracterizată prin lipsa schimbului de căldură între agentul termic și mediul exterior. Realizarea unui proces adiabatic presupune o identitate între temperaturile gazului și mediului exterior. Transformarea adiabatică reprezintă un caz ideal către care tind procesele termodinamice de comprimare și destindere din mașinile termice cu piston sau de curgere a unor fluide prin turbomașini. Faptul că transformarea se desfășoară fără schimb de căldură cu exteriorul nu implică păstrarea temperaturii constante, astfel încît, în cazul unei transformări adiabatice, se înregistrează variația simultană a presiunii, volumului și temperaturii gazului. Oricare dintre acești trei parametrii poate fi considerat al doilea parametru independent pe lîngă condiția $\delta q=0$.

Ecuațiile transformării adiabatice în funcție de p, v și T sînt următoarele: $pv^k = \text{const.}$; $Tv^{k-1}=\text{const.}$; $Tp^{(1-k)/k} = \text{const.}$, unde k reprezintă exponentul adiabatic.

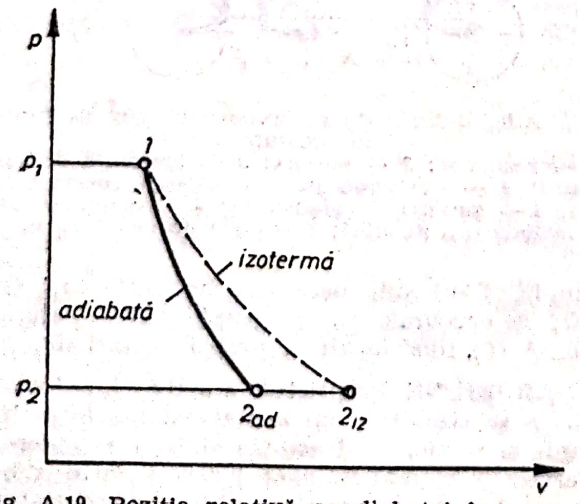


Fig. A.19. Poziția relativă a adiabatei în raport cu izoterma în diagrama p—v.

În transformarea adiabatică lucrul mecanic se produce în întregime din energia internă a sistemului sau a agentului de lucru: $\delta l_{ad} = -du = -c_v dT$, iar lucrul mecanic tehnic din entalpie: $\delta l_t = -dh = -c_p dT = -k\delta l_{ad}$.

Deoarece exponentul adiabatic k este mai mare ca unitatea, transformarea adiabatică se reprezintă în diagrama p—v ca o hiperbolă neechilateră cu o pantă mai mare decît izoterma (fig. A.19).

ADMISIE. Intrare dirijată a unui fluid într-o mașină termică. Se poate realiza fie prin mărirea presiunii fluidului față de presiunea din spatele organului de **a.**, caz în care se numește **a. forțată,** fie prin realizarea unei depresiuni în spațiul de **a.**, caz în care se numește **a. liberă**

A. poate fi continuă, la mașinile rotative, sau intermitentă la mașinile cu piston.

A. continuă corespunde procesului neîntrerupt de intrare a fluidului într-o mașină rotativă.

După direcția curentului de fluid față de axa rotorului, direcție imprimată pe stator, **a.** este frontală, laterală sau înclinată.

După mărimea relativă a secțiunii libere de trecere a statorului se deosebesc două feluri de **a.** la mașinile rotative, și anume: **a.** totală, care se obține în rotorul unei turbine al cărei stator are elementele directoare (ajutaje) dispuse de-a-lungul întregii suprafețe laterale sau frontale și **a.** parțială, caracteristică rotorului unei turbine al cărei stator are elementele directoare dimensionate pentru a acoperi numai o parte din suprafața laterală sau frontală a rotorului.

A. intermitentă este **a.** periodică a fluidului motor în cilindrul unei mașini termice cu piston. Fluidul intră în cilindru prin orificii a căror închidere și deschidere se realizează prin obturatoare (sertare sau supape), acționate de mecanisme de distribuție.

După tipul distribuțiilor cu sertar, la motoarele cu abur cu piston se deosebesc trei tipuri de **a.**: **a.** exterioară, interioară și anticipată.

A. *exterioară* este admisia agentului termic din camera de distribuție în cilindrul unei mașini cu abur prin exteriorul sertarului (fig. A.20).

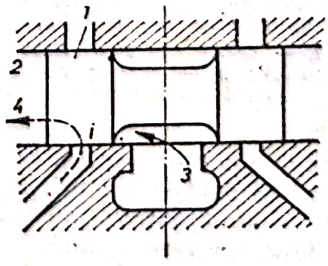


Fig. A.20. Admisie exterioară: *1* — sertar cochilie; *2* — oglinda sertarului; *3* — admisie; *4* — emisie; *i* — acoperire interioară.

A. *interioară* corespunde deplasării fluidului de lucru al unei mașini cu abur, prin interiorul unui sertar cilindric (fig. A.21).

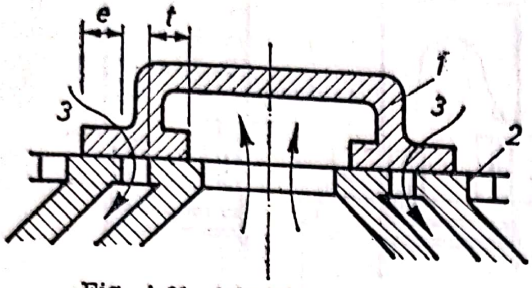


Fig. A.21. Admisie interioară:
1 — sertar; *2* — oglinda sertarului; *3* — canal de admisie; *e* — acoperire exterioară; *t* — acoperire interioară.

A. *anticipată* se realizează prin deschiderea obturatorului pentru a., înainte de punctul mort exterior.

La motoarele termice cu piston, umplerea cilindrului cu amestec combustibil proaspăt se realizează în faza de a. Acest proces se poate plasa fie consecutiv celui de evacuare, ca la motoarele cu ardere internă în patru timpi, fie simultan cu acesta, ca la motoarele cu ardere internă în doi timpi. În primul caz, dacă încărcătura proaspătă pătrunde în cilindru trecînd prin carburator (fig. A.22), ca o consecință a mișcării pistonului, se numește **a. normală**. În cazul motorului în doi timpi, schimbarea gazelor nu dispune de două curse în care pistonul să-și exercite acțiunile de aspirație și evacuare, astfel încît aceasta trebuie efectuată forțat. Cea mai mare parte a golirii cilindrului de gaze arse se efectuează prin împingerea lor de către încărcătura proaspătă, care, pentru a putea pătrunde în cilindru, trebuie ușor precomprimată. În același timp, se realizează și introducerea rapidă a încărcăturii proaspete în cilindru. Pe această cale se realizează **a. forțată**. Un tip deosebit de important al **a.** forțate este *supraalimentarea*. Aceasta constă în introducerea, sub o presiune superioară celei mediului ambiant, a încărcăturii proaspete în cilindrii motorului, în scopul măririi puterii acestuia. Supraalimentarea se poate aplica atît motorului cu ardere internă în doi timpi, cît și celui în patru timpi.

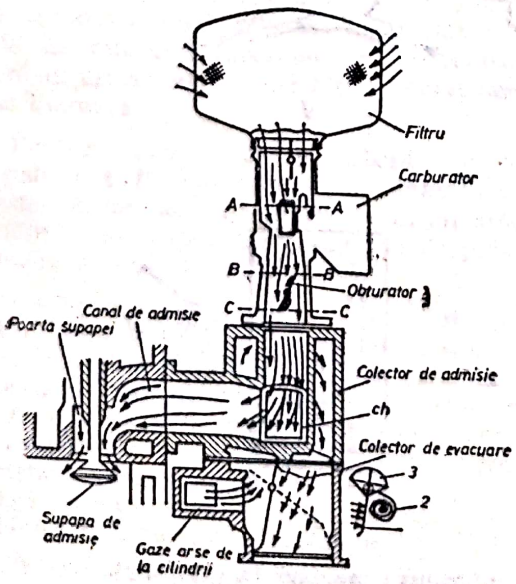


Fig. A.22. Traseul de admisie a încărcăturii proaspete pentru un motor cu aprindere prin scînteie.

Precomprimarea încărcăturii proaspete se realizează de către un compresor. Acționarea acestuia se poate face fie mecanic, direct de către motor (supraalimentare mecanică), fie de către o turbină acționată de gazele de evacuare ale motorului (turbosupraalimentare).

La motoarele în patru timpi, **a.** încărcăturii proaspete se face prin intermediul unui sistem de distribuție de tip cu supape. Sistemul de **a.** cel mai complet îl au motoarele policilindrice cu carburator. Acesta este, în general, format din: filtru de aer, carburator, colector de **a.**, canal de **a.** (în chiulasă), poarta supapei și supapa de **a.** Motoarele cu formarea amestecului în interior (motoare cu aprindere prin comprimare) au sisteme de **a.** asemănătoare, în acest caz, lipsind carburatorul. La motoarele în doi timpi, de obicei, sistemul de umplere al cilindrului este mai simplu, fără supape, evacuarea gazelor arse și **a.** amestecului proaspăt efectuîndu-se printr-un șir de fante (denumite și ferestre sau lumini) de *baleiaj*, practicate în cămașa cilindrului (fig. A.23). Deschiderea și închiderea luminilor de baleiaj sînt controlate de piston care îndeplinește în acest caz și funcția suplimentară de sertar de distribuție.

Procesul de evacuare forțată a gazelor arse prin dislocarea lor de către încărcătura proaspătă se numește proces de **a.** prin baleiaj sau pur și simplu baleiaj (fig. A.24). Procesul de baleiaj poate avea loc numai dacă presiunea în cilindru este cel mult egală cu presiunea încărcăturii proaspete. Dirijarea curenților de încărcătură proaspătă în cilindrul motorului în doi timpi în vederea sporirii intensității baleiajului se efectuează în numeroase feluri. După traiectoria parcursă de curentul principal de încărcătură proaspătă în cilindru, se disting două tipuri fundamentale de baleiaj: baleiaj în echicurent și baleiaj în buclă.

Teoretic, procesul de **a.** la motoarele cu ardere internă se produce în timpul desfășurării cursei de **a.** a pistonului. Practic, însă, procesul începe cu avans față de începutul deplasării pistonului, adică încă din cursa de evacuare, pentru ca în momentul începerii cursei de **a.** supapa de **a.** să ofere o secțiune de trecere suficient de mare pentru a nu produce pierderi gazodinamice mari și continuă după termina-

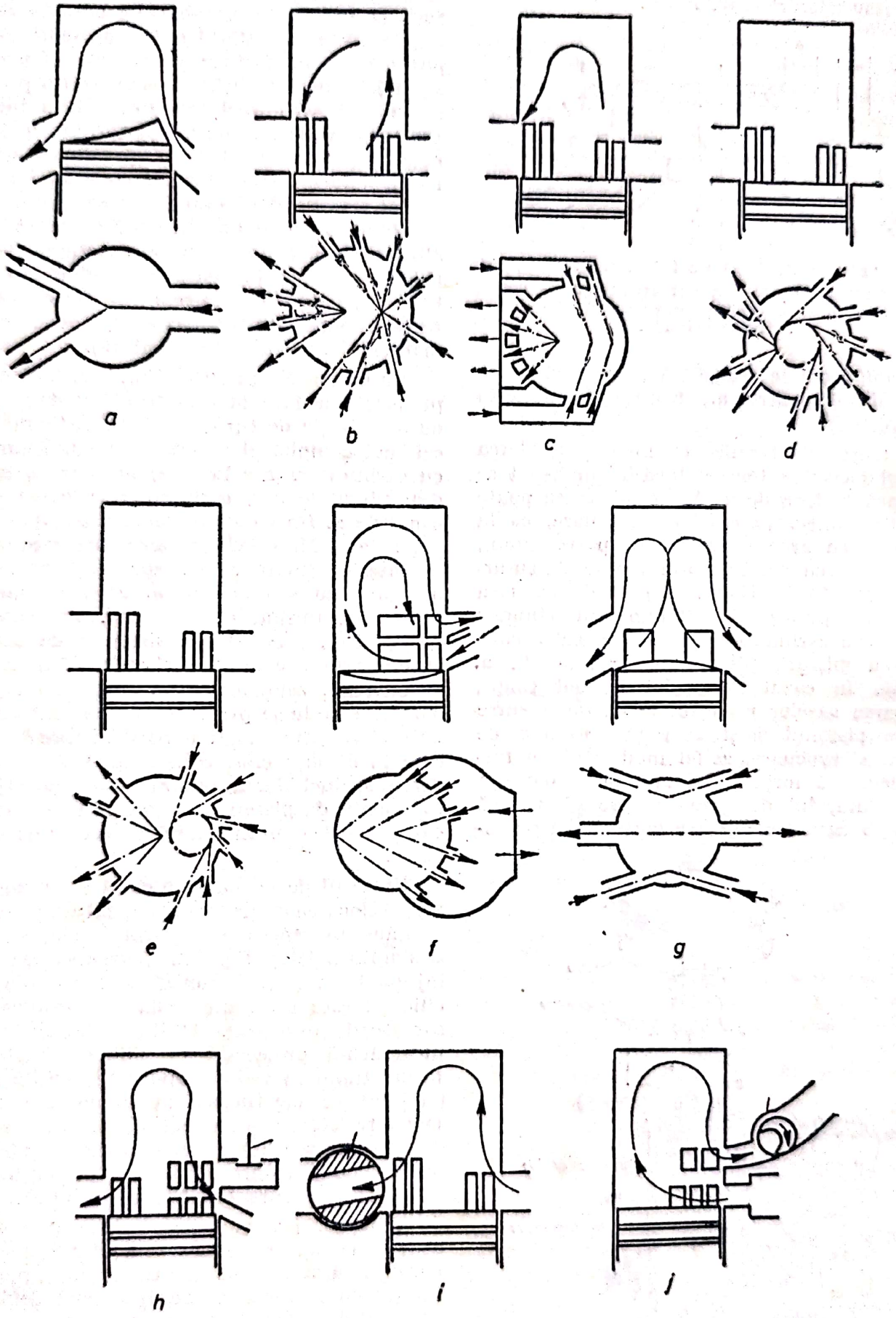


Fig. A.23. Soluții constructive de ferestre de baleiaj pentru motoare în doi timpi.

Scanned with OKEN Scanner

rea cursei de a., folosind inerția coloanei de amestec proaspăt. Extinderea procesului de a. pe o perioadă mai mare în raport cu durata cursei respective urmărește umplerea cît mai eficientă a cilindrilor cu amestec proaspăt. Puterea motorului depinde în mod direct de cantitatea de încărcătură proaspătă admisă în cilindru astfel, încît asigurarea unei umpleri de admisie (p_1) trebuie să fie mai mare decît aceea ce domnește în spațiul de după el (p). El poate fi considerat că are loc în două etape și anume: etapa întîia în care viteza de curgere a gazului este mare, ca urmare a diferenței de presiune $p_1 - p$ și etapa a doua, în care viteza scade, tinzînd către zero. Deci, procesul de a. are loc în condițiile unei diferențe scăzătoare

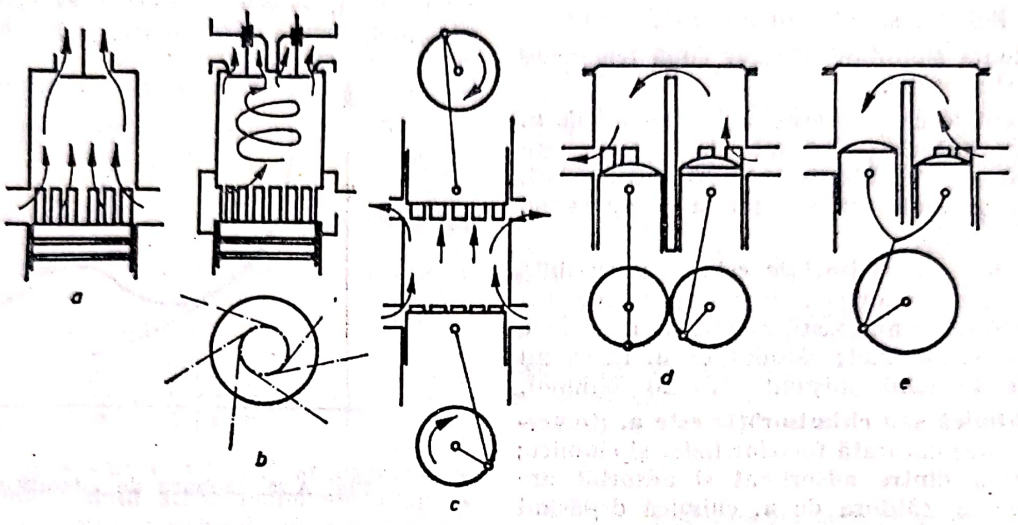


Fig. A.24. Procese de baleiaj:
a, b, c — baleiaj de echicurent; *d, e* — baleiaj în buclă.

cît mai perfecte duce implicit la posibilitatea realizării unei puteri cît mai mari. Eficiența umplerii cilindrilor, deci a procesului de a., se apreciază prin *coeficientul de umplere*, denumit și *randament volumetric* sau *grad de umplere*. Acesta se definește ca raportul între masa încărcăturii proaspete reținute în realitate în cilindru la sfîrșitul procesului de umplere, m și masa încărcăturii proaspete, m_0, care ar putea ocupa volumul respectiv în condițiile inițiale de referință (presiune și temperatură), adică în urma unui proces fără pierderi termogazodinamice.

Pentru motorul cu a. liberă, condițiile inițiale pot fi reprezentate de condițiile atmosferice, iar pentru motorul cu a. forțată, de condițiile de la ieșirea din organul de precomprimare a încărcăturii proaspete.

Desfășurarea procesului de a. poate fi urmărită prin intermediul variației presiunii gazelor din cilindru, în timpul în care se desfășoară a. Diagrama de variație a presiunii care se înregistrează în timpul proceselor de evacuare-admisie la motoarele cu ardere internă poartă denumirea de *diagramă de pompaj* și se ridică cu ajutorul unor traductori de presiune piezoelectrici de mare sensibilitate.

Procesul de admisie, fiind un proces gazodinamic, este din punct de vedere termodinamic ireversibil. Presiunea gazului în fața organului de presiune, reprezentînd datorită ireversibilității o sursă de entropie (v. Sursă de entropie).

Timpul necesar umplerii unui volum V, printr-un organ de admisie de secțiune liberă A este:

$$\tau = \frac{V}{A}\ \frac{1}{a_p}\left[\frac{1}{k}\left(\beta_{cr} - \frac{p_r}{p}\right)\sqrt{\left(\frac{k-1}{2}\right)^{\frac{k+1}{k-1}}} + \sqrt{\frac{2}{k+1}}\right],$$

în care: a_p este viteza sunetului în gazul de presiune p; k — exponentul adiabatic al gazului; β_{cr} — raportul de presiune critică al presiunei p:

$$\beta_{cr} = \left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{k}{k+1}}.$$

A. în motoarele reactive ce se deplasează cu viteze supersonice, trebuie să țină seama de apariția undei de șoc (v. Termogazodinamica) în fața secțiunii de intrare în motor.

ADSORBȚIE. Proprietate a lichidelor și solidelor de a reține sau a concentra la suprafața lor, sub o formă sau alta (atomi, molecule sau ioni), substanțele solide sau fluide cu care vin în contact. Joacă un rol esențial în

fenomenele care se manifestă la suprafața de separație: are o importanță particulară în sistemele coloidale formate din solide și lichide fin dispersate, unde suprafața particulelor este considerabilă în raport cu volumul.

În opoziție cu absorbția, care constă în penetrația substanțelor fluide în masa unui solid sau lichid, **a.** este proprietatea unei suprafețe de a reține atomi, molecule sau ioni în stare lichidă, solidă sau gazoasă.

Existența simultană a celor două fenomene se numește *sorbție*.

Elementele care determină fenomenul de **a.** sînt: adsorbantul (solid sau lichid, care are proprietatea de a adsorbi) și adsorbitul (solid, lichid sau gaz, adsorbit sub formă de molecule, atomi sau ioni).

A. fizică sau **fizisorbție** este **a.** reversibilă datorată numai forțelor fizice (forțe de tip Van der Waals); nu există reacții chimice între adsorbant și adsorbit; căldura de **a.** fizică nu depășește în mod obișnuit 15—20 W/kmol.

A. chimică sau **chimisorbția** este **a.** (ireversibilă sau nu) datorată forțelor fizice și chimice; la interfața dintre adsorbant și adsorbit are loc o reacție, căldura de **a.** chimică depășind în general 20—30 W/Kmol.

Se poate stabili o clasificare a proceselor de **a.** după natura sistemului adsorbant-adsorbit, și anume:

Gaz (sau vapori) pe solid: se aplică la epurarea și separarea gazelor în măști protectoare împotriva produșilor chimici agresivi; printre adsorbanții de gaze care prezintă importanță practică deosebită sînt cărbunele de lemn, alumina, metalele și oxizii lor;

Gaz (sau vapori) pe lichid: se folosește la fabricarea aerosolilor, la distilarea sub vid și separarea prin difuzie;

Lichid pe solid: se aplică la purificarea lichidelor prin **a.** pe solid a agenților de contaminare (purificarea apei prin filtrarea de către straturi de argilă); printre adsorbanții cei mai importanți se numără: cărbunele de lemn, silicea, argila, corpurile pe bază de geluri de silice și aluminiu.

Lichid pe lichid: este analog celui precedent; în funcție de concentrația ionilor sau a moleculelor la suprafața unui lichid, se disting două cazuri:

— cînd lichidul se găsește în contact cu un gaz, **a.** se efectuează la suprafața de separație, în funcție de concentrația dizolvantului;

— cînd lichidul este în contact cu un alt lichid, **a.** se produce la suprafața de separație și depinde de ambele lichide.

În cazul cînd procesul de **a.** se produce la presiune constantă, ea se numește izobara de **a.**, iar cînd se efectuează la temperatură constantă, se numește izoterma de **a.**

Izobara de **a.** (fig. A.25) este o izobară tipică în care $\frac{x}{m}$ reprezintă masa substanței adsorbite x de unitatea de masă m de adsorbant, iar T—temperatura. **A.**, considerabilă la temperatura scăzută, scade rapid pe măsură ce crește temperatura. Acest fenomen este o caracteristică generală a tuturor sistemelor de **a.** în care temperatura este singura variabilă. Se remarcă în fig. A.25 că, după o

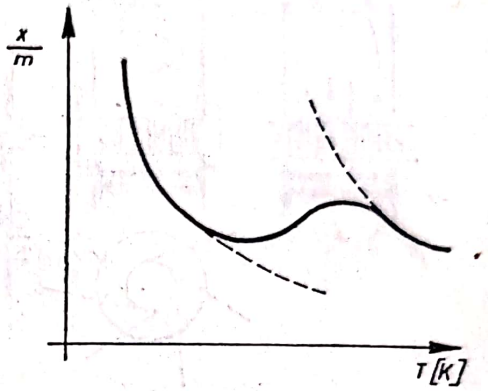


Fig. A.25. Izobara de adsorbție.

scădere inițială, apare un maxim secundar de **a.** la temperaturi relativ ridicate. Se aplică acestei zone termenul de **a.** chimică sau **a.** activată. Creșterea cantității de adsorbit la creșterea temperaturii se explică prin apariția unor forțe chimice între adsorbant și adsorbit.

Izoterma de **a.** În fig. A.26 se reprezintă o izotermă tipică de **a.** fizică. Curba de **a.** debutează cu o creștere rapidă, urmată de un palier și apoi de o nouă creștere, pe măsură ce se apropie de presiunea de saturație.

Se încearcă mereu stabilirea, pe baze teoretice mulțumitoare, a unor ecuații care să descrie fenomenele izoterme pe toată gama de presiuni, dar nici una din ecuațiile găsite pînă în prezent nu dau satisfacție completă. O ecuație general valabilă permite nu numai fundamentarea unei teorii definitive a **a.**, dar și ușu-

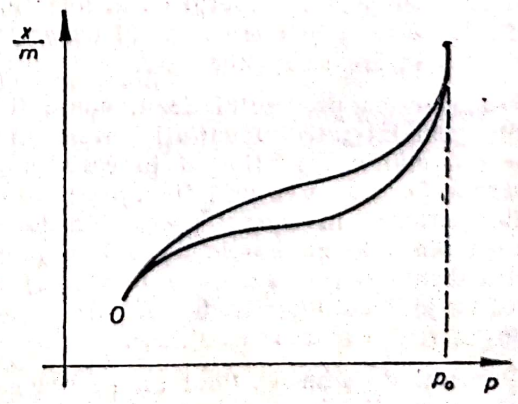


Fig. A.26. Izoterma de adsorbție și desorbție.

rarea calculului fenomenelor termodinamice. Ecuațiile stabilite pînă în prezent nu cuprind însă fenomene ca: atracție superficială, condensare superficială, comportament bidimensional sau variația **a.** în funcție de temperatură.

La temperaturi foarte joase, adsorbția urmează cîteodată *legea lui Henry* cu privire la soluții, lege care stabilește o proporționalitate directă între masa adsorbită și presiune.

Ecuația izotermei, sub forma ei cea mai generală, a fost stabilită experimental de *H. K. Freundlich* și este de forma $\frac{x}{m} = kp^{\frac{1}{n}}$, în care $\frac{x}{m}$ este masa de adsorbit pe unitatea de masă de adsorbant; p — presiunea; k și n — constante.

Izoterma lui *Langmuir*:

$$\frac{x}{m} = \frac{a \cdot s \cdot p}{1 + s \cdot p},$$

(în care a și s sînt constante) se bazează pe teoria formării unui strat monomolecular pe suprafață, datorită coliziunii moleculelor gazoase cu suprafața. Datorită faptului că adsorbția antrenează de obicei și o condensare, izoterma lui Langmuir are o aplicabilitate limitată la sistemele solid-gaz, dar are o largă aplicabilitate în cazul sistemelor lichide.

În cazul *desorbției* (proces de deplasare al adsorbantului atunci cînd scade presiunea), izoterma se plasează, adesea, deasupra curbei de **a.**, așa cum se vede în fig. A.26; acest histerezis se atribuie descărcării porilor în timpul desorbției. **A.** are loc la o anumită presiune, în timp ce desorbția se produce la o presiune mai puțin ridicată, datorită curburii suprafeței lichidului în capilare, ceea ce dă naștere histerezisului constant. Latura de desorbție a izotermei furnizează, deci, informații asupra structurii porilor de adsorbant.

Din punct de vedere termodinamic, procesul de **a.** limitează mișcarea bidirecțională a moleculelor sau a ionilor, micșorînd în același timp entropia sistemului. Este, în consecință, un fenomen exotermic.

În general, căldura specifică de **a.** este foarte ridicată în cazul unei presiuni joase; ea scade, pe măsură ce crește presiunea și se apropie de căldura de lichefiere la o presiune foarte ridicată (în apropierea presiunii critice).

Considerațiile termodinamicii statistice pot, de asemenea, să servească la găsirea ecuațiilor izotermei, tratînd **a.** ca un proces de echilibru. Se consideră **a.** ca fiind un fenomen care atinge echilibrul aproape instantaneu; această ipoteză este satisfăcătoare în majoritatea cazurilor. În anumite cazuri, timpul necesar pentru a ajunge la echilibru poate fi considerabil, de ordinul secolelor de exemplu. Astfel, în cazul adsorbanților poroși, adsorbția se produce numai după ce adsorbitul a avut timp să pătrundă prin pori. În cazul **a.** cu adevărat instantanee, studiul cinetic furnizează informații directe asupra structurii porilor. Stabilirea echilibrului prezintă în general o dependență exponențială în raport cu timpul.

AER. Amestec de gaze și vapori de apă care constituie atmosfera Pămîntului.

După caracteristicile fizice se definesc următoarele tipuri de aer: **a.** uscat și **a.** umed.

A. uscat este **a.** lipsit complet de vapori de apă, în compoziția sa intrînd azotul, oxigenul, bioxidul de carbon, argonul și alte gaze. Participațiile gravimetrice (g_i) și volumetrice (r_i) ale componentelor în amestec sînt prezentate în tabelul A.1.

Participațiile componentelor **a.** se modifică în timp și cu altitudinea. **A.** uscat satisface legile gazelor perfecte. Proprietățile fizice ale **a.** uscat sînt trecute în tabelele A.2, A.3, A.4 și A.5.

Tabelul A.1

Componența aerului uscat

Componența	Participația gravimetrică g_t	Participația volumetrică r_t
Oxigen (O_2)	0,232	0,21
Azot (N_2)	0,7547	0,7803
Bioxid de carbon (CO_2)	0,0004	0,0003
Argon (Ar)	0,0128	0,0093
Alte gaze: Neon (Ne), Heliu (He), Cripton (Kr), Hidrogen (H_2)	urme	urme

Tabelul A.2

Mărimi caracteristice ale aerului uscat

Mărimea	Simbolul	U.M.	Valoarea	Observații
Masă moleculară	M	kg/kmol	28,964	—
Constanta generală	R_a	J/kg·K	287,041	—
Densitate	ρ	kg/m³	1,2928	la 760 mm Hg și 0°C
Temperatură de fierbere	t_f (T_f)	°C (K)	−194 (79,15)	la 760 mm Hg
Căldură de vaporizare	r	kJ/kg	196,780	la 760 mm Hg
Temperatură critică	t_{cr} (T_{cr})	(°C) (K)	−140,7 (132,45)	—
Presiune critică	p_{cr}	M·Pa	3,765754	—
Densitate critică	ρ_{cr}	kg/m³	310	—

Tabelul A.3

Căldura specifică a aerului uscat la presiune constantă c_p [kJ/kg·K]

Temperatura [K]	Presiunea [bar]		
	0,9813	9,813	98,13
150	1,011	1,104	—
200	1,006	1,043	1,745
250	1,006	1 027	1,281
300	1,007	1,021	1,162
400	1,015	1,022	1,066
500	1,030	1 034	1,073
700	1,033	1,078	1,096
1 000	1,142	1,143	1,138
1500	1,231	1,232	1,235
2000	1 338	1,325	1,322

Căldura specifică a a. uscat la presiune constantă se determină cu relația:

$$c_p = 6{,}557 + 1{,}477 \cdot 10^{-3} T - 0{,}2148 \cdot 10^{-6} T^2 \quad [\text{kJ/kg.K}],$$

valabilă pentru intervalul de temperaturi $T = 289 - 1\,500$ K (abaterea maximă 2%).

A. umed este un amestec de a. uscat și vapori de apă în stare supraîncălzită la care se mai poate adăuga umiditate în stare lichidă sau solidă.

Presiunea a. umed (aer+vapori de apă) este dată de legea lui Dalton:

$$p = p_a + p_v \quad [\text{N/m}^2],$$

unde p_a și p_v sînt presiunile parțiale ale a. uscat, respectiv ale vaporilor de apă din a. umed.

A. umed este considerat un amestec de gaze perfecte, deoarece vaporii de apă se găsesc în stare supraîncălzită; ei au o presiune parțială p_v coborîtă și o temperatură mult mai mare decît aceea de saturație corespunzătoare presiunii p_v. În intervalul de temperaturi (0—200°C) și presiuni (0—20 bar), pentru a. umed raportul $\frac{p \cdot v}{RT}$ se abate de la valoarea 1 cu maximum ±1%; ca urmare, se poate considera că se poate aplica legea gazelor perfecte și anume:

$$p_a \cdot V = m_a \cdot R_a \cdot T$$

$$p_v \cdot V = m_v \cdot R_v \cdot T$$

Tabelul A.4

Viscozitatea dinamică a aerului uscat [N·s/m²·10⁶]

Presiunea [bar]	Temperatura [°C]						
	0	14	16	25	50	90	100
0,9813	168,56	175,03	175,91	179,70	191,59	209,23	213,64
19,625	—	177,97	178,85	—	194,04	212,66	—
49,065	177,87	183,94	184,73	188,35	199,25	215,60	219,52
98,13	193,06	197,76	198,45	201,88	210,70	225,20	219,03
147,19	212,17	214,62	215,11	217,07	223,44	234,22	237,16
196,25	232,26	233,43	233,73	234,71	238,63	245,98	247,94

Tabelul A.5

Proprietățile aerului uscat la p=0,980665 bar (1 ata)

t	T	ρ	c_p	z	s	λ	$10^6\eta$	$10^6\nu$	Pr
°C	K	Kg/m³	kJ/kg·K	kJ/kg	kJ/kg·K	W/m·K	N·s/m²	m²/s	—
−150	123,15	2,78	1,038	—	—	0,0116	8,591	3 14	—
−100	173,15	1,948	1,022	—	—	0,0163	11,856	5,96	—
− 50	223,15	1,534	1,013	—	—	0,0198	14,808	9,65	0,71
0	273,15	1,252	1,011	0,00	0,0000	1,0237	17,456	13,9	0,71
20	293,15	1,164	1,012	—	—	0,0251	18,240	15,70	0,71
40	313,15	1,092	1,014	—	—	0,0265	19,123	17,6	0,71
60	333,15	1,025	1,017	—	—	0,0279	19,907	19,4	0,71
80	353,15	0,968	1,019	—	—	0,0293	20,790	21,5	0,71
100	373,15	0,916	1,022	100,61	0,3127	0,0307	21,673	23,6	0,71
120	393,15	0,870	1,025	—	—	0,0320	22,555	25,9	0,71
140	413,15	0,827	1,027	—	—	0,0333	23,340	28,2	0,71
160	433,15	0,789	1,030	—	—	0,0344	24,124	30,6	0,71
180	453,15	0,755	1,032	—	—	0,0357	24,909	33,0	0,71
200	473,15	0,723	1,035	202,31	0,5543	0,0370	25,693	35,5	0,71
250	523,15	0,653	1,043	—	—	0,0400	27,557	42,2	0,71
300	573,15	0,596	1,047	305,72	0,7524	0,0429	29,322	49,2	0,71
350	623,15	0,549	1,055	—	—	0,0457	30,989	56,5	0,72
400	673,15	0,508	1,059	411,31	0,9224	0,0485	32,754	64,6	0,72
500	773,15	0,442	1,076	519,58	1,0718	0,0540	35,794	81,0	0,72

în care: p_a, p_v sînt presiunile parţiale ale aerului uscat şi vaporilor de apă; R_a, R_v sînt constantele aerului uscat şi vaporilor de apă.

$$V_a=V_v=V;\ T_a=T_v=T;$$

$$p=p_a+p_v;$$

$$R_a=287\ \frac{J}{kg\cdot K};\quad R_v=461{,}9\ \frac{J}{kg\cdot K}.$$

Mărimile caracteristice ale aerului umed se determină cu relaţiile amestecului de gaze perfecte. Transformările termodinamice ale aerului umed sînt izobare iar modificările de stare se referă numai la modificarea parametrilor unui amestec. Pentru valorile particulare ale mărimilor termofizice ale aerului şi vaporilor de apă la 20°C şi 760 mm H_2O se obţine:

$$p_a=287\ \frac{T}{v_a}=287\ \rho_a T;\quad p_v=461{,}5\ \frac{T}{v_v}=$$

$$=461{,}5\ \rho_v T \qquad [N/m^2].$$

În **a. umed nesaturat** cu temperatura T, presiunea parţială a vaporilor de apă (p_v) este mai mică decît presiunea de saturaţie (p_s) corespunzătoare temperaturii T, deci ei nu se pot condensa.

A. umed saturat cu temperatura T este acela în care presiunea parţială a vaporilor de apă (p_v) este egală cu presiunea de saturaţie (p_s) corespunzătoare temperaturii T şi, ca urmare, ei pot condensa.

A. umed suprasaturat de temperatură T este acela în care presiunea parţială a vaporilor de apă (p_v) este mai mare decît presiunea de saturaţie corespunzătoare temperaturii amestecului. Practic, **a.** atmosferic în stare de suprasaturaţie nu se întîlneşte, conţinutul maxim de vapori de apă al lui corespunde **a.** saturat, diferenţa fiind sub formă lichidă.

Umiditatea absolută a **a.** umed x, sau conţinutul de umiditate al lui, reprezintă masa de vapori de apă conţinută de un kilogram de **a.** uscat:

$$x=\frac{m_v}{m_a}=\frac{\rho_v}{\rho_a}=0{,}622\ \frac{p_v}{p-p_v}\qquad [kg\ apă/kg\ a.u].$$

Conţinutul maxim de umiditate x_s (aer saturat) corespunde situaţiei $p_v=p_s$:

$$x_s=0{,}622\ \frac{p_s}{p-p_s}\qquad [kg\ apă/kg\ a.u.],$$

Umiditatea relativă a **a.** umed, φ, reprezintă raportul dintre conţinutul de umiditate al lui şi conţinutul maxim de umiditate posibil la starea în care se găseşte:

$$\varphi=\frac{x}{x_s}=\frac{p_v}{p_s}\cong\frac{x}{0{,}622+x}\cdot\frac{p}{p_s}.$$

Densitatea **a.** umed ρ [kg/m³], la temperatura T şi presiunea p [N/m²], este:

$$\rho=\frac{10^{-4}}{T}(34{,}83\ p-13{,}15\ p_v)=$$

$$=\frac{1+x}{461{,}5(0{,}622+x)}\cdot\frac{p}{T}.$$

Căldura specifică la presiune constantă a **a.** umed se determină cu relaţia:

$$c_p=c_{p_a}+xc_{p_v}=1{,}0032+$$

$$+1{,}886\cdot x \qquad [kJ/kg\ a.u.\ K].$$

Entalpia **a.** umed ce conţine x kg vapori de apă/kg a.u. este:

$$h=h_a+xh_v=1{,}0032\cdot t+$$

$$+x(2\ 510{,}6+1{,}886\cdot t)\quad [kJ/kg\ a.u.].$$

Pentru determinarea (aproximativă) rapidă a unor mărimi de stare ale **a.** umed, s-au construit, după relaţiile de mai sus, o serie de diagrame. Cea mai utilizată este diagrama $h-x$, concepută de *Mollier* (fig. A.27), construită pentru presiunea $p_B=760$ torr. Pentru alte valori ale presiunilor barometrice (p'_B) decît cea pentru care au fost construite diagramele (p_B), umiditatea relativă (φ') a lui se poate determina cu relaţia:

$$\varphi'=\varphi\ \frac{p'_B}{p_B},$$

în care φ este umiditatea relativă la presiunea barometrică p_B.

A. umed execută în instalaţiile industriale o serie de transformări, şi anume: de amestecare, încălzire, răcire, umidificare etc., care au loc în aşa-numitele instalaţii de tratare a **a.** (instalaţii de ventilaţie, de condiţionare, de climatizare etc.).

Răcirea uscată a **a.** umed se realizează cu ajutorul unui schimbător de căldură prin suprafaţă; procesul de răcire uscată are loc sau la umiditate absolută constantă (fig. A.28 a), sau odată cu scăderea umidităţii absolute (fig. A.28 b). Efectele răcirii uscate a **a.** umed sînt scăderea temperaturii **a.** şi creşterea umidităţii relative.

Scanned with OKEN Scanner

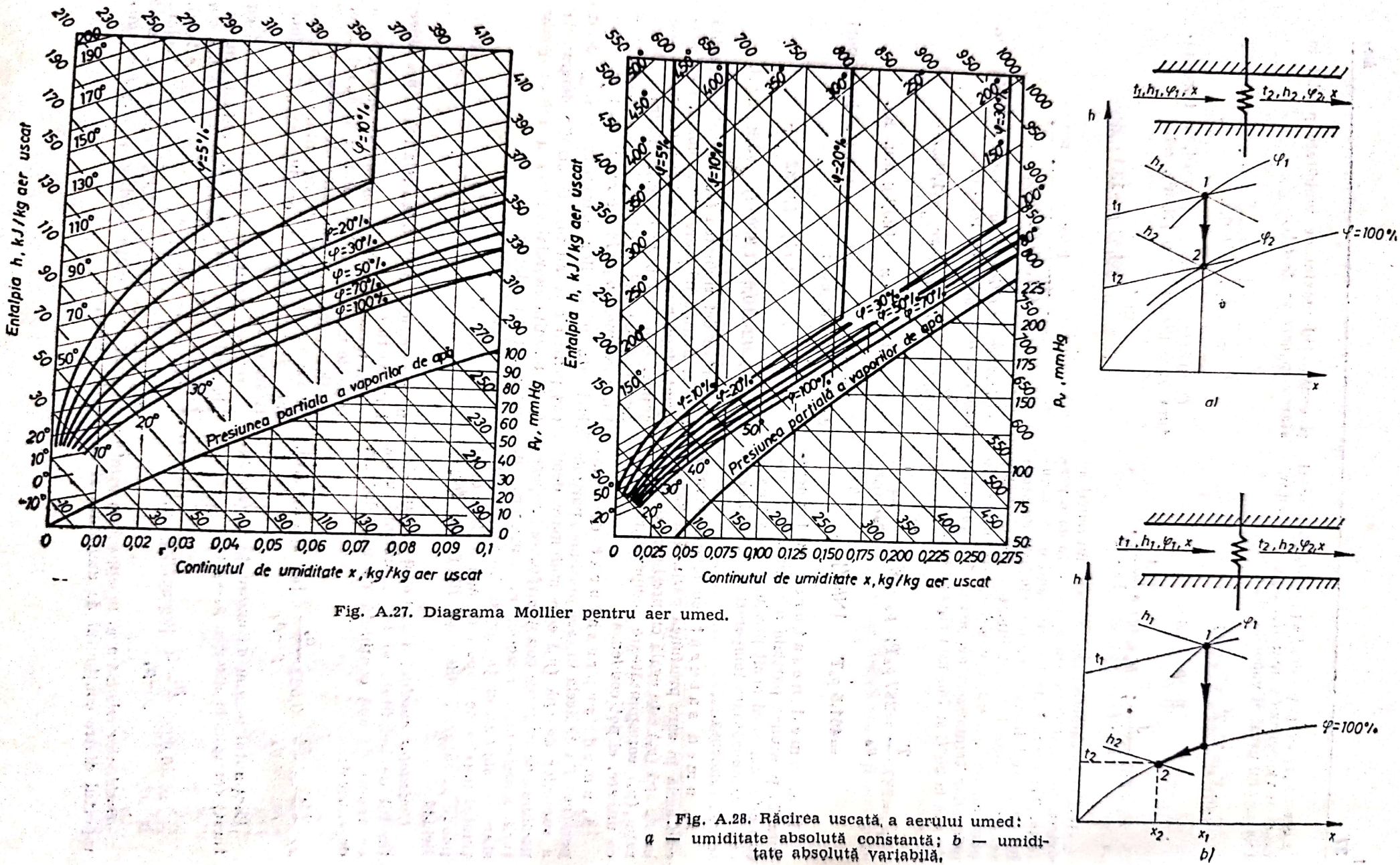


Fig. A.27. Diagrama Mollier pentru aer umed.

Fig. A.28. Răcirea uscată a aerului umed:
a — umiditate absolută constantă; *b* — umiditate absolută variabilă.

Scanned with OKEN Scanner

Încălzirea uscată a a. umed este un proces realizat cu ajutorul unui schimbător de căldură parcurs de un fluid cald (fig. A.29). Încălzirea uscată are ca efect creșterea temperaturii a. umed și scăderea umidității relative.

Răcirea umedă a a. umed se realizează prin pulverizarea de apă rece în aer (fig. A.30), avînd ca efect scăderea temperaturii a. și creșterea umidității relative și absolute.

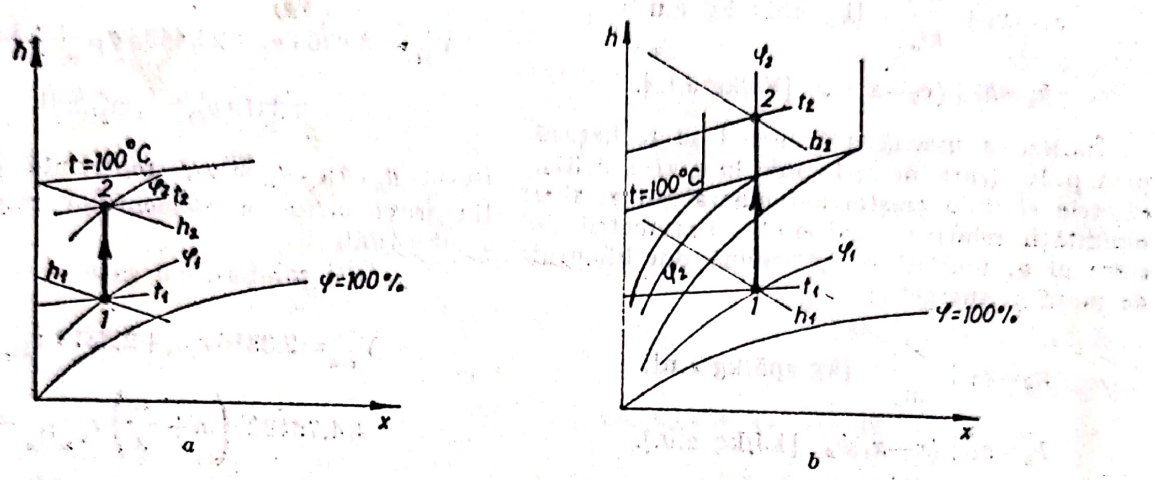


Fig. A.29. Încălzirea uscată a aerului umed
a — sub 100°C; b — peste 100°C.

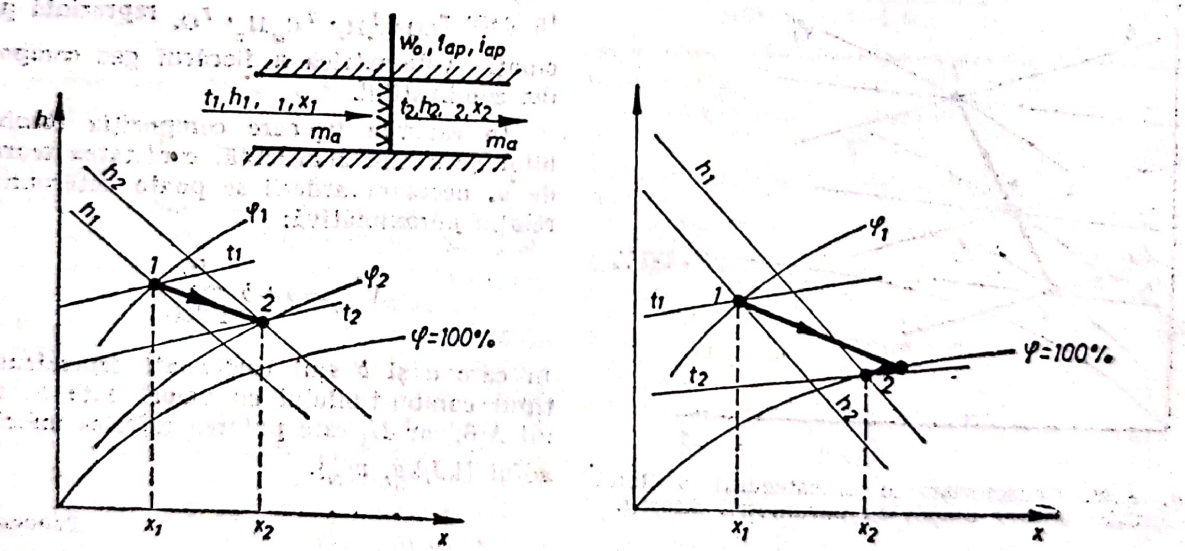


Fig. A.30. Răcirea umedă a aerului umed.

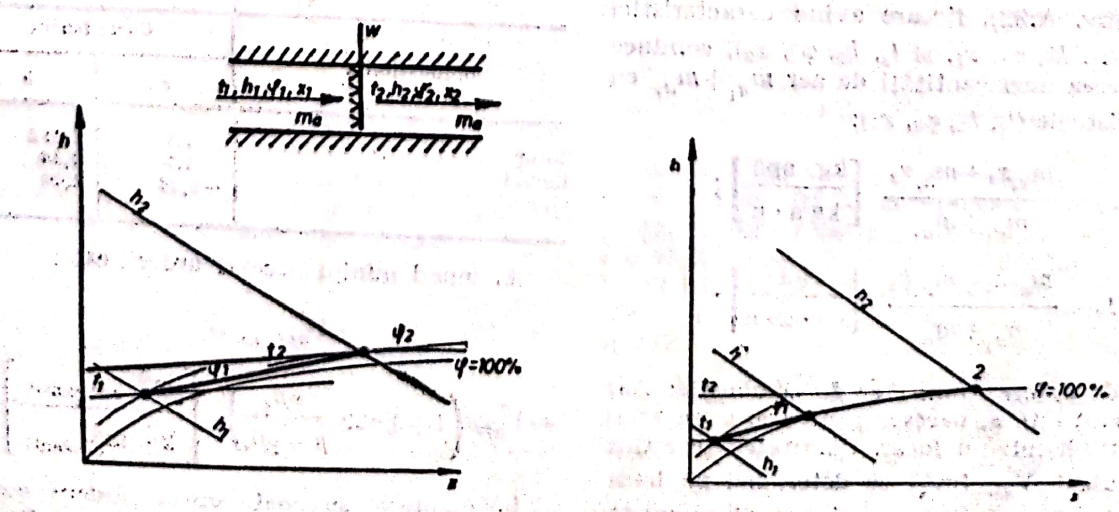


Fig. A.31. Încălzirea umedă a aerului umed.

Parametrii de stare ai a. după răcire se determină din ecuaţiile de bilanţ masic şi energetic:

$$x_2=x_1+\frac{W_0}{m_a} \quad [\text{kg apă/ kg a.u.}];$$

$$h_2=h_1+(x_2-x_1)h_v \quad [\text{kJ/kg a.u.}].$$

Încălzirea umedă a a. umed se realizează prin pulverizare de apă caldă în a. (fig. A.31), efectele ei fiind creşterea temperaturii a. şi a umidităţii relative şi absolute. Parametrii de stare ai a. încălzit se determină din bilanţul de masă şi energetic:

$$x_2=x_1+\frac{W_0}{m_a} \quad [\text{kg apă/kg a.u}];$$

$$h_2=h_1+(x-x_1)h_v \quad [\text{kJ/kg a.u.}].$$

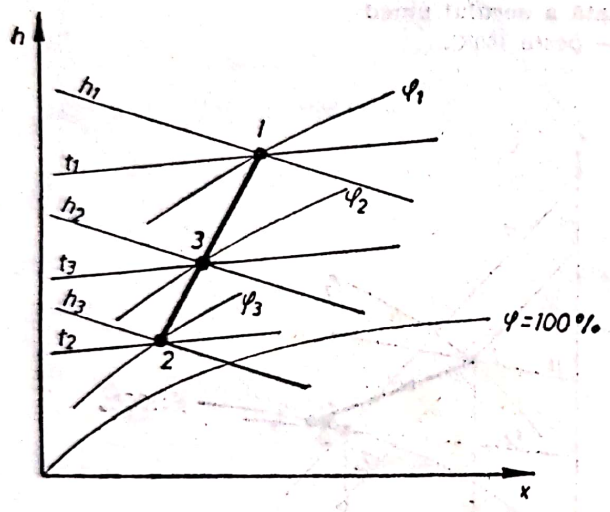


Fig. A.32. Caracteristicile amestecului a două cantităţi de aer umed, cu parametrii diferiţi.

Amestecul a două cantităţi de a. umed m_{a_1} şi m_{a_2} (fig. A.32), fiecare avînd caracteristici diferite (t_1, h_1, φ_1, x_1, şi t_2, h_2, φ_2, x_2), conduce la obţinerea unei cantităţi de aer $m_{a_1}+m_{a_2}$ cu caracteristicile (t_3, h_3, φ_3, x_3):

$$x_3=\frac{m_{a_1}x_1+m_{a_2}x_2}{m_{a_1}+m_{a_2}} \left[\frac{\text{kg}\cdot\text{apă}}{\text{kg a}\cdot\text{u}}\right];$$

$$h_3=\frac{m_{a_1}h_1+m_{a_2}h_2}{m_{a_1}+m_{a_2}} \left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg}\cdot\text{a}\cdot\text{u}}\right].$$

A. de ardere (Sin.: **Aer de combustie; Aer carburant**) este a. necesar pentru arderea unui combustibil într-un focar. Cantitatea teoretică de a. uscat V°_{aer} [m^3_N] se determină pe baza cantităţii de oxigen necesară arderii complete a unităţii de cantitate de combustibil, care se calculează pe baza ecuaţiilor chimice de ardere; acestea exprimă proporţia stoichiometrică în care se combină substanţele participante la procesul de ardere:

— pentru combustibili solizi şi lichizi

$$V^\circ_{aer}=8{,}8766\,g_C+26{,}4433\,g_{H_2}+3{,}3248\,g_S-$$
$$-3{,}3319\,g_{O_2} \quad [m^3_N/kg],$$

în care g_C, g_{H_2}, g_S şi g_{O_2} reprezintă participaţia gravimetrică a elementului respectiv în combustibil;

— pentru combustibili gazoşi

$$V^\circ_{era}=2{,}3816\,r_{CO}+2{,}3810\,r_{H_2}+$$
$$+4{,}7619\Sigma\left(m+\frac{n}{4}\right)r_{C_mH_n}-$$
$$-4{,}7619\,r_{O_2} \quad [m^3_N/m^3_N],$$

în care r_{CO}, r_{H_2}, $r_{C_mH_n}$, r_{O_2} reprezintă participaţia volumetrică a fiecărui gaz component din combustibil.

În cazurile în care compoziţia combustibilului nu este cunoscută, cantitatea teoreticu de a. necesară arderii se poate determina că relaţia aproximativă:

$$V^\circ_{aer}=a+b\,\frac{H_i}{1\,000}$$

în care a şi b sînt coeficienţi dependenţi de tipul combustibilului cu valori date în tabelul A.6, iar H_i este puterea calorică inferioară a lui [kJ/kg, m^3_N].

Tabelul A.6

Valorile coeficienţilor a şi b

Combustibilul	Coeficientul	
	a	b
Solid	0,5	1,012
Lichid	1,7	0,88
Gazos	−0,28	1,09

A. umed minim necesar arderii este:

$$V^\circ_{aer,\,um}=$$
$$=V^\circ_{aer}\left(1+0{,}622\,\frac{\varphi p_s}{p-\varphi p_s}\right)\left[\frac{m^3_{N\ aer\ umed}}{kg.\ m^3_{N\ comb}}\right].$$

În realitate, se poate obţine ardere completă numai dacă ea are loc cu exces de a.

(v. Coeficient de exces de aer), în care caz volumul de a. necesar arderii este:

$$V^{\circ}_{aer,\ um} = \lambda V^{\circ}_{aer,\ um} \left[\frac{m^3_N \text{ aer umed}}{\text{kg. } m^3_N \text{comb}} \right].$$

A. de ardere poate fi:

A. de ardere primar, introdus în focar odată cu combustibilul și cu care trebuie să formeze un amestec cît mai omogen, el constituind principala sursă de oxigen necesară arderii; uneori, servește și ca agent de transport sau de introducere al combustibilului în focar (ex.: arderea prafului de cărbune).

A. de ardere secundar, introdus în focar pentru obținerea unei arderi complete și pentru reglarea temperaturii în spațiul de ardere.

A. de ardere terțiar (Sin.: **Aer adițional**), introdus în focar, după zona principală de ardere, pentru obținerea unei arderi complete (cazul focarelor cu cărbune pulverizat) sau pentru turbionarea și recircularea gazelor de ardere în scopul uniformizării temperaturii acestora.

A. comprimat este a. produs de compresoare, avînd presiuni de cîțiva bari pînă la sute de bari. Este un agent energetic pentru mașinile pneumatice sau pentru transportul de particule solide la distanță. Principalele avantaje ale a. comprimat ca agent de lucru sînt: nu condensează; nu arde; nu este exploziv, toxic sau poluant; este disponibil în cantități nelimitate. Mașinile acționate pneumatic au o construcție simplă, consum mic de material, posibilitate de standardizare pe scară largă, grad înalt de curățenie și de siguranță în funcționare, permit aprovizionarea fără pericol și rezistă, acolo unde mașinile electrice nu ar putea fi utilizate: medii umede, medii explozive sau radioactive, temperaturi înalte etc. Principalul dezavantaj al utilizării a. comprimat este faptul că energia produsă de el este de 6—8 ori mai scumpă decît energia electrică corespunzătoare, iar randamentul motoarelor este relativ mic (cca. 25—30% din consumul de putere al compresorului și de 3,5—5% din energia primară). Cu toate acestea, a. comprimat este mult folosit în întreprinderile industriale pentru mecanizarea și automatizarea proceselor de producție. (Ex.: în industria constructoare de mașini, consumul de energie pentru obținerea a. comprimat atinge mai mult de 10—20% din consumul total de energie, iar puterea instalată a compresoarelor poate depăși 10 MW).

A. condiționat este a. tratat cu ajutorul unei instalații de condiționare, climatizare (v. Condiționare; Climatizarea aerului), astfel încît să se realizeze anumite valori ale temperaturii, umidității, vitezei și direcției curenților, condiții de distribuire și caracteristici de compoziție (componente normale, praf, fum, gaze nocive etc.), în scopul asigurării desfășurării în condiții normale a activităților într-o anumită incintă.

A. fals este a. pătruns într-un focar sau pe traseul gazelor de ardere al unui cazan prin neetanșeitățile construcției (crăpături ale zidăriei, porozități etc.).

Cantitatea de a. fals ce pătrunde într-un generator de vapori nu se poate determina teoretic. El poate fi determinat cu relația:

$$V_{aer\ fals} = \Delta\lambda \cdot V_{aer,\ um} [m^3_N \text{aer fals/h}],$$

în care valorile lui $\Delta\lambda$ sînt date în tabelul A.7.

Tabelul A.7

Pătrunderi de aer fals în canalele de gaze de ardere
(valori orientative)

Circuitul de gaze de ardere prin care pătrunde aerul fals	$\Delta\lambda$*
Focare cu grătar	0,1
Focare pentru păcură și combustibili gazoși	0,002
Feston	0—0,02
Fascicule fierbătoare — pentru fiecare fascicul	0,01—0,02
Supraîncălzitor — pentru fiecare treaptă	0,01—0,02
Supraîncălzitor intermediar	0,01—0,02
Economizor din serpentine într-o singură treaptă	0,01—0,02
Economizor din serpentine în mai multe trepte — pentru fiecare treaptă	0,01
Preîncălzitor de aer din țevi de oțel — pentru fiecare treaptă	0,05
Preîncălzitor de aer rotativ	0,02
Electrofiltre	0,1
Instalații ciclon	0,05
Canale de gaze executate din tablă	0,01
Canale de gaze din cărămidă — pentru fiecare 10 m lungime	0,05

* Volumul de aer fals pătruns este $V_{aer fals} = V^{\circ}_{aer} \cdot \Delta\lambda$ (în care λ este coeficientul de exces de aer cu care are loc procesul de ardere în focar)

A. impurificat (Sin.: **Aer viciat**).

A. lichid este a. cu starea de agregare lichidă, obținut prin răcire la o temperatură sub 132,45 K (—140,7°C) și la o presiune de cca 37,66 bar. Este incolor sau slab colorat în albastru deschis, cu densitate apropiată de cea a apei. A. lichid este utilizat în laboratoare pentru obținerea temperaturilor joase, iar în tehnică pentru prepararea coloranților, explozivilor și pentru separarea prin distilare fracționată a oxigenului, azotului și gazelor nobile.

A. proaspăt este a. aspirat din mediul ambiant, care nu conține factori poluanți sau nocivi.

Scanned with OKEN Scanner

A. viciat este a. dintr-o incintă a cărui stare a fost modificată de procesele biologice sau tehnologice care au avut loc în incinta respectivă. **A. viciat** se caracterizează printr-un conținut de factori poluanți, ca de exemplu: particule solide, gaze toxice (CO_2, CO, H_2S, CH_4 etc.), praf de cărbune, SiO_2, scame etc.

A. ventilat este a. necesar în circuitul unei instalații de ventilare (v. Ventilarea aerului), eventual de condiționare.

AERODINAMICĂ. Ramură a mecanicii fluidelor, avînd ca obiect de studiu mișcarea aerului și în general a gazelor, precum și mișcarea corpurilor solide în aer sau în gaze. Dacă vitezele mișcării gazelor sînt relativ mici, astfel încît numărul Mach, $M=\frac{w}{a}$ (în care w este viteza fluidului, iar a — viteza sunetului în fluid), este mai mic decît 0,1 în tot domeniul fluid, efectele compresibilității se pot neglija și ecuațiile și metodele de studiu sînt cele ale hidrodinamicii fluidelor incompresibile (lichidelor).

Pentru viteze mai mari, efectele compresibilității nu mai sînt neglijabile, mișcările fluidelor compresibile, specifice **a.**, putînd fi împărțite în :

— mișcări subsonice, pentru $0,1<M<1$

— mișcări sonice sau transonice, pentru $0,9<M=1$

— mișcări supersonice, pentru $M>1$

— mișcări hipersonice, pentru $M>6$.

Partea din **a.** care studiază *mișcările fluidelor compresibile* este denumită *dinamica gazelor*.

AERONAVĂ. Vehicul aerian care se menține în spațiul atmosferic datorită forțelor de sustentație generate de mișcarea vehiculului. Este folosită pentru transportul oamenilor sau al bunurilor în scopuri comerciale, militare, turistice, sportive etc. **A.** se compune dintr-un corp (numit, în unele cazuri, fuzelaj), din organe de sustentație, echipament de deplasare pe sol (tren de aterizare) sau pe apă (amerizor) și din echipament de propulsie (ex.: propulsoare sau reactoare); la unele aeronave, corpul acestora este și organul de sustentație (ex.: balonul, parașuta etc.) altele nu au echipamentul de deplasare la sol (ex.: parașuta) sau echipamentul de propulsie (ex.: planorul).

A. se grupează în două categorii: aerodine și aerostate.

Aerodina este o a. mai grea decît aerul, cu sustentație dinamică, obținută prin realizarea unei mișcări relative între organele sale de sustentație și aerul înconjurător. Aerodinele au o suprafață portantă pentru a se realiza sustentația (ex.: aripi la avioane, elice purtătoare la elicoptere sau autogire). Pe suprafața portantă se exercită forța de sustentație, denumită forță portantă și care reprezintă diferența dintre presiunile exercitate pe intradosul și extradosul suprafeței portante (aripi sau pale de elice), condiționate de existența unei circulații de aer în jurul ei (la viteze subsonice), sau de fenomene de expansiune-compresiune a aerului (la viteze suprasonice).

După felul organelor de sustentație se deosebesc:

Aerodine cu suprafețe portante imobile, la care organul de sustentație poate fi o aripă solidară cu corpul sau chiar corpul acestora, sustentația obținîndu-se prin mișcarea de înaintare a **a.** În primul caz, corpul este pisciform (fuzelaj) și aripa are contur profilat aerodinamic, iar în al doilea caz, corpul are forma unei suprafețe concave sau plane. Din prima categorie a aerodinelor cu aripi fac parte: *avionul, vertiplanul, hidroavionul, coliopterul, toropterul, planorul,* iar din a doua, a celor cu corp sustentor, fac parte: *parașuta de transport și deltaplanul.*

Aerodine cu suprafețe portante mobile, la care organele de sustentație sînt rotoare antrenate sau neantrenate, sustentația obținîndu-se prin învîrtirea rotorului. Rotoarele comune cu corpul navei pot fi elice sau roți cu zbaturi. Rotorul antrenat este cuplat cu un motor, iar cel neantrenat se rotește datorită curentului de aer, produs prin mișcarea relativă dintre **a.** și mediul înconjurător. Dintre aerodinele cu rotoare antrenate fac parte: *elicopterul, girodina, ciclogirul, elicoplanul.* Aerodinele cu motoare neantrenate sînt *autogirul și giroplanul.*

Aerodine cu suprafețe portante combinate, la care organele de sustentație sînt aripi solidarizate cu corpul lor și rotoare antrenate. Sustentația se obține prin învîrtirea rotorului care provoacă exercitarea forței de portanță pe suprafața palelor și a aripii. Un astfel de aparat este *convertoplanul.*

Aerodine cu suprafețe portante batante, la care organele de sustentație sînt aripi care efectuează mișcări asemănătoare celor ale aripilor păsărilor. Astfel, este *ornitopterul* cu aripi batante, care este dotat și cu echipament de propulsie pentru deplasarea în direcția de zbor.

După felul organelor de propulsie se deosebesc:

Aerodine cu consum de energie din interior, echipate cu propulsoare sau reactoare, cum sînt: *avioanele, elicopterele, autogirele* etc. Ele se deplasează pe orizontală, datorită unei forțe de propulsare, care poate fi o forță de tracțiune sau împingere, produsă prin mijloace mecanice. Deplasarea aparatului este produsă de rezultanta dintre portanță și o fracțiune din greutatea proprie.

Aerodine cu consum de energie din exterior, care folosesc deflec-

Scanned with OKEN Scanner

tarea aerodinamică a vîntului (provocată de relieful solului) sau a curenților ascensionali (provocați de diferențe în temperatura solului), cum sînt: *planoarele, parașutele de transport, deltaplanele etc.*

Aerostatul este o **a.** mai ușoară decît aerul, cu sustentația statică, obținută prin diferența volumului de aer dezlocuit și greutatea proprie (sustentație bazată pe principiul lui Arhimede). Pentru a asigura sustentația, aerostatele sînt umplute cu un gaz mai ușor decît aerul, deplasarea în altitudine fiind obținută prin reglarea raportului între greutatea gazului și a lestului de la bord. Se deosebesc: *aerostate legate de pămînt*, cum sînt *baloanele captive*; *aerostate libere*, la care deplasarea orizontală este datorată numai curenților de aer, cum sînt *baloanele libere*; *aerostate cu autopropulsie*, echipate cu propulsoare pentru deplasarea în direcția de zbor, cum sînt *dirijabilele.*

Din punct de vedere al organelor de deplasare pe sol, indiferent dacă sînt aerodine sau aerostate, se deosebesc următoarele tipuri de **a.**:

A. terestre, echipate cu un tren de aterizare cu roți, cu șenile sau cu schiuri, în general escamotabil (ex.: avioane).

A. marine, echipate cu un amerizor cu flotoare sau la care fuzelajul servește și ca amerizor (ex.: hidroavioane cu flotoare și hidroavioane cu cocă).

A. amfibie, care sînt hidroavioane echipate și cu un aterizor escamotabil.

AEROSOLI. Dispersie de particule solide sau lichide, în suspensie, într-un mediu gazos. În anumite cazuri particulare, se pot descrie **a.** ca fiind un nor format din picături fine; dacă diametrul mediu al particulelor este mai mic de 1μ, norul se comportă ca un fum.

Este greu de distins, printr-o examinare rapidă, dacă un nor de fum este format din particule lichide sau din particule solide. Cea mai mare parte a norilor din atmosferă se compun din **a.** lichizi. Datorită concentrației slabe de particule în suspensie, densitatea globală a unui nor de **a.** nu diferă mult de cea a atmosferei înconjurătoare. Cazul general de formare a **a.** îl constituie condensarea vaporilor în stare suprasaturată. Dacă gradul de suprasaturație este ridicat, are loc un fenomen de condensare spontană care duce la formarea de **a.** denși, formați din particule de dimensiuni aproape uniforme. Atmosfera zonelor industriale (denumită „smog" în țările de limbă engleză) constituie un exemplu tipic de **a.** Formarea smogului se explică prin condensarea particulelor de fum pe nucleele sau centrele de formare a **a.**

Există o limită a dimensiunilor particulelor care formează **a.** Particulele cu raza între 0,1 și 50μ cad sub influența atracției gravitaționale, urmînd *legea lui Stokes*:

$$w=2r^2\rho/g\eta$$

unde: w este viteza de cădere; r — raza particulei; ρ — densitatea particulei; η — viscozitatea dinamică a gazului în care se găsește particula în suspensie. De exemplu, o particulă cu diametrul de 1μ și densitatea egală cu unitatea (cum este apa) cade în aer cu o viteză de 0,003 cm/s.

A., avînd particule de dimensiuni mai mari, sînt instabili și se depun rapid. Particulele, avînd diametrul egal sau mai mic de 1μ, sînt antrenate într-o mișcare browniană care, datorită caracterului său dezordonat, duce la difuzia **a.** Dacă intră în contact cu o suprafață solidă, particulele vor putea adera la suprafață datorită forțelor de tip Van der Waals. Pentru particulele de dimensiuni mari, aderența necesită suprafețe adezive. În cazul prezenței unui gradient de temperatură (ex.: suprafața este mai rece decît **a.**), particulele vor fi antrenate prin difuzie termică. Particulele individuale ale **a.** sînt, în general, invizibile, dar norul, dacă are o densitate suficientă, devine vizibil prin opacitate optică. **A.** sînt în general încărcați electric. În anumite condiții, norii din atmosferă se încarcă prin inducție electrostatică. Un potențial electric ridicat poate duce la apariția unor fenomene luminoase.

A. sînt folosiți în terapeutică (inhalații), agricultură (insecticide), cosmetică (lacuri în peliculă, dezodorizante), arta militară (perdele fumigene).

AEROTERMĂ (Sin.: **Încălzitor de aer**). Aparat cu ajutorul căruia se obține un curent de aer cald, utilizat în sisteme de încălzire sau în procese de uscare. **A.** este constituită, în principal, dintr-o baterie de încălzire și un ventilator acționat de un motor. Bateria de încălzire este un schimbător de căldură prin care circulă un agent cu temperatură ridicată. În cazul puterilor termice mici (200—2 000 W), încălzirea se realizează electric.

În cazul încălzirii cu un agent termic, bateria de încălzire este construită sub forma unui fascicul de țevi prevăzute cu aripioare pe partea străbătută de aer. Agentul termic poate fi apa caldă, supraîncălzită, sau aburul de joasă, medie sau înaltă presiune (v. Baterie de încălzire).

Există și **a.** la care agentul de încălzire îl constituie gazele de ardere, provenite de la un focar care poate face parte din instalație sau poate fi separat. Gazele de ardere sînt aspirate în țevile bateriei de încălzire, de regulă, prin tiraj natural.

În cazul **a.** electrice, încălzirea aerului se realizează printr-un grup de rezistențe electrice peste care circulă aerul.

Reglarea temperaturii aerului se face, în cazul **a.** construite ca schimbătoare de căldură, fie prin modificarea debitului de aer al ventilatorului, fie prin amestecarea aerului proaspăt

aspirat de ventilator cu aer recirculat din spațiul încălzit.

În cazul încălzirii electrice, se poate prevedea conectarea în trepte a rezistențelor la rețeaua de alimentare. Pentru a evita distrugerea rezistențelor prin supraîncălzire, se prevede un termostat care, la atingerea unei temperaturi limită, decuplează rețeaua electrică de alimentare.

A. pot fi montate pe pereți, pe stîlpi sau agățate de grinzi. În cazul utilizării lor în agregate individuale de încălzire, se construiesc sub formă de dulapuri sau cutii și sînt montate pe pardoseală, pe pereți sau pe pervazul ferestrelor. **A.** mici cu încălzire electrică se construiesc sub forma unor cutii care pot fi așezate în orice loc din încăpere.

Puterea termică și debitele de aer pentru care se construiesc **a.** sînt cuprinse în limite foarte largi (200 W—200 kW, respectiv 10—7 000 m^3/min), în funcție de scopul utilizării.

A. se utilizează în sistemele de încălzire cu aer cald, în principal, pentru încălzirea încăperilor cu volum mare (săli de spectacole, hale industriale etc.) și în procesele de uscare cu aer cald (uscarea cerealelor, dulapuri de uscare, uscătoare de păr etc.). **A.** pot face parte și din agregate mai complexe (instalații de condiționare etc.).

AFINITATE. Proprietate a două substanțe de a reacționa chimic împreună. **A.** chimică este dată de entalpia liberă de reacție, ΔH^r, care are dimensiunea unei energii. Astfel, dacă $\Delta H^r < 0$, reacțiile au loc cu mare **a.**; dacă $\Delta H^r > 0$, reacțiile au loc greu și cu mare aport de energie.

AGENT. Substanță sau amestec de substanțe, care conține energie sau care poate transfera energie de la un sistem fizico-chimic la altul. Prin intermediul agentului se obține transformarea unei forme de energie în alta, sau se efectuează un proces fizico-chimic. În aplicațiile termotehnice, **a.** se folosesc la realizarea ciclurilor energetice ale mașinilor și instalațiilor de forță, pentru producerea și transferul căldurii, frigului și umidității, în diferite procese fizico-chimice de uscare, condiționare, climatizare etc. În tehnică, sînt folosiți următorii **a.**: termici, frigorifici, de răcire, energetici, motori, de uscare, activi de suprafață, halogenați.

A. termic (Sin.: **Agent de încălzire; Agent încălzitor; Agent purtător de căldură; Mediu calorific**) produce sau transportă căldură sau frig într-o instalație termică sau mașină de forță. **A.** termic poate fi calorific sau frigorific, după cum este utilizat în procese aflate deasupra sau sub nivelul temperaturii mediului ambiant.

A. termici pot rezulta din transformări exoterme în cadrul unor procese fizico-chimice, ca de exemplu producerea gazelor de ardere prin oxidarea combustibililor solizi, lichizi sau gazoși. Ei pot transfera căldură de la un mediu cu temperatură mai ridicată la un mediu cu temperatură mai coborîtă, ca de exemplu fluidele (lichidele, gazele).

A. frigorific (Sin.: **Agent frigorigen; Agent frigorifer; Agent purtător de frig; Agent refrigerent**) produce sau transferă frig, pentru răcirea unui mediu pînă la o temperatură mai coborîtă decît temperatura ambiantă. **A.** frigorifici efectuează transformări endoterme, în procesele fizico-chimice din instalațiile frigorifice. Ca agenți frigorifici se utilizează substanțe cu temperatură de vaporizare coborîtă, care trebuie să îndeplinească următoarele condiții: căldură de vaporizare mare, temperatură de vaporizare cît mai scăzută la o presiune cît mai apropiată de presiunea atmosferică, volum specific mic al vaporilor, căldură specifică mare, compoziție stabilă în intervalul de presiune și temperatură de funcționare, să nu fie toxic, corosiv, exploziv sau inflamabil, să nu reacționeze cu uleiurile de ungere, să aibă valori ridicate ale coeficienților de transfer de căldură și cost scăzut. O mărime caracteristică a **a.** frigorifici o constituie *căldura volumică de vaporizare* r/v''; odată cu creșterea valorii acesteia, se reduc dimensiunile și prețul agregatului frigorific, pentru o putere frigorifică dată.

Cei mai folosiți **a.** frigorifici sînt: *freonii, amoniacul, bioxidul de sulf, bioxidul de carbon, apa, clorura de etil, clorura de metil, metanul, etanul, propanul* etc. (tab. A.8). Dintre aceste substanțe, freonii îndeplinesc cel mai bine condițiile menționate, impuse **a.** frigorifici.

O altă utilizare a **a.** frigorifici o reprezintă transferul căldurii de la un mediu care trebuie răcit la un mediu cu temperatură mai coborîtă, de regulă, tot un **a.** frigorific. Condițiile pe care trebuie să le îndeplinească, în acest caz, **a.** purtători de frig sînt: temperatură joasă de solidificare, căldură specifică mare, coroziune redusă, preț scăzut. Cele mai folosite fluide sînt saramura (soluție de clorură de sodiu sau de clorură de calciu în apă, avînd punctul de congelare sub 0°C), gazele, în special aerul umed.

A. de răcire este un fluid care preia căldură de la un sistem (aparat sau instalație) pentru a menține temperatura acestuia la o valoare prescrisă sau pentru a-i reduce temperatura, cel mult, pînă la nivelul mediului ambiant; căldura preluată este cedată, de regulă, mediului înconjurător. Condițiile pe care trebuie să le îndeplinească **a.** de răcire sînt următoarele: căldură specifică mare, densitate ridicată, viscozitate coborîtă, căldură de vaporizare mare, temperaturi de saturație ridicate la presiuni cît mai reduse, stabilitate termică, neagresivitate chimică, să nu fie toxici sau explozivi, să nu formeze depuneri sau, dacă formează, acestea să poată fi ușor îndepărtate. **A.** de răcire utilizați mai frecvent sînt: apa caldă și

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul A.8

Caracteristicile fizice ale unor agenți frigorifici la temperatura de —15°C

Agentul frigorific	Masa moleculară	p [bar]	v [m³/kg]	r [kJ/kg]	r/v [kJ/m³]
Amoniac, NH_3	17,031	2,36	0,509	1 313	2 580
Bioxid de sulf, SO_2	64,06	0,807	0,406	392	966
Bioxid de carbon, CO_2	44,01	22,9	0,0166	273,4	16 470
Apă, H_2O	18,016	0,00193	667	2 536	3,8
Freon 11, $CFCl_3$	137,39	0,206	0,753	191,8	255
Freon 12, CF_2Cl_2	120,92	1,828	0,0927	161,6	1 743
Monoclor etan, C_2H_5Cl	64,52	0,316	1,03	403,6	392
Monoclor metan, CH_2Cl	50,49	1,44	0,291	420,8	1 446
Diclormetan, CH_2Cl_2	84,94	0,085	3,12	376,8	121
Dicloretilenă, $C_2H_2Cl_2$	96,94	0,044	5,2	314	60,4
Etan, C_2H_6	30,06	16,38	0,033	347,9	10 542
Propan, C_3H_8	44,1	2,9	0,155	394,4	2 545
Izobutan, $(CH_3)_3CH$	58,12	0,9	0,403	371	921
Bromură de etil, C_2H_5Br	108,97	0,06	3,2	275,1	86

Tabelul A.9

Proprietățile fizice ale unor agenți de răcire

Agentul de răcire	t [°C]	ρ [kg/m³]	c_p [kJ/kg°K]	η [N·s/m²]	λ [W/m·K]	α [W /m²·K]
Apă (100 bar)	300	712,5	5,736	$91 \cdot 10^{-3}$	0,54	500 — 30 000
Abur saturat (88 bar)	300	46,2	5,31	$20 \cdot 10^{-3}$	0,053	4 000 — 15 000
Aer (1 bar)	300	0,615	1,047	$30 \cdot 10^{-3}$	0,046	5 — 80
Heliu (40 bar)	300	3,33	5,193	$31 \cdot 10^{-3}$	0,245	30 — 300
Ulei (5 bar)	150	819	2,445	$5\,320 \cdot 10^{-3}$	0,12	50 — 1 500
Sodiu topit (10 bar)	300	878	1,281	$346 \cdot 10^{-3}$	75,6	20 000 — 50 000

rece, aburul, gazele, aerul atmosferic, uleiurile, soluțiile de săruri, metalele topite etc. În unele cazuri, stabilirea a. de răcire este impusă de caracteristicile sistemului, alteori alegerea lui rămîne la latitudinea proiectantului sistemului. În tabelul A.9 se dau comparativ unele proprietăți termofizice ale principalilor a. de răcire. *Apa* reprezintă agentul de răcire cel mai des folosit, datorită disponibilității sale ridicate și a unor proprietăți fizice avantajoase, foarte bine studiate și cunoscute. Este utilizată ca agent de răcire la mașinile de forță (în centralele termoelectrice, la vehicule etc.), la mașinile de lucru (compresoare, pompe etc.), în diferite instalații industriale și procese tehnologice. *Apa* are următoarele avantaje: densitate mare, căldură specifică ridicată și coeficient de schimb de căldură prin convecție mare. În utilizări pînă la temperatura de 100°C este denumită apă caldă, iar peste această valoare este denumită apă fierbinte sau supraîncălzită. Principalul dezavantaj al apei îl constituie presiunea de vaporizare ridicată la temperaturi uzuale. *Aburul* este utilizat în procesele de răcire, avînd avantajul unei valori ridicate pentru căldura latentă de vaporizare. În funcție de parametrii la care este disponibil, aburul rezultat poate fi folosit pentru producerea de lucru mecanic. *Aerul* se folosește ca agent de răcire atunci cînd apa lipsește sau este insuficientă, situație care apare tot mai frecvent în aplicațiile industriale: motoare termice, generatoare electrice, schimbătoare de căldură etc. Dezavantajul constă în valoarea redusă a coeficientului de convecție α și necesitatea unei energii de pompare ridicate. *Uleiul*, ca mediu de ungere, are rol și de a. de răcire a lagărelor mașinilor, iar ca mediu dielectric se utilizează la răcirea transformatoarelor electrice. Caracteristic uleiurilor este viscozitatea ridicată, ceea ce conduce la pierderi de presiune ridicate (la curgerea lui prin conducte). *Metalele topite* sînt substanțe cu temperatură ridicată de vaporizare, utilizate, în special, în tehnica nucleară pentru răcirea zonei active a anumitor tipuri de reactoare, permițînd preluarea căldurii la temperaturi înalte, fără ca presiunea în circuitul de răcire să depășească cu mult presiunea atmosferică. Metalele topite au cele mai ridicate valori ale coeficientului global de transfer de căldură dintre toți a. de răcire, în principal, datorită conductivității termice ridicate a lor. Prezintă, însă, următoarele dezavantaje: căldură specifică mică, viscozitate ridicată, temperaturi și

Scanned with OKEN Scanner

presiuni relativ ridicate de solidificare și condiții cu totul speciale de manipulare.

A. energetic evoluează în ciclurile energetice ale sistemelor tehnice (ciclurile termodinamice ale mașinilor de forță sau ale instalațiilor termice), în care, prin transformări succesive de stare, permite sistemului să furnizeze energie. La mașinile motoare, a. energetic se mai numește și a. motor.

Cei mai folosiți a. energetici sînt următorii: *apa* (la mașini hidraulice, turbine, pompe etc.), *aburul* (la turbine, ejectoare, motoare cu piston etc.), *aerul* (la turbine, compresoare, motoare cu piston, injectoare, ventilatoare etc.), *gazele de ardere* (la turbine, motoare cu ardere internă, suflante etc.).

A. halogenat (Sin.: **freon**).

A. motor este a. energetic al unui motor (v. Agent energetic).

A. de uscare este folosit în tehnica uscării pentru a prelua umiditatea extrasă din materialul supus uscării și a o evacua în exterior. A. de uscare este, de obicei, un gaz, cel mai frecvent fiind aerul; temperatura, presiunea umiditatea și viteza lui pot fi modificate după condițiile regimului de uscare. În uscarea tehnică a. de uscare este purtător de umiditate și de căldură. În afară de *aer*, se mai utilizează ca a. de uscare, *gazele de ardere* și *aburul supraîncălzit*.

A. activ de suprafață (Sin.: **Agent tensioactiv**) este un compus chimic de natură organică, adsorbit în stratul superficial al unei soluții, avînd proprietatea de a micșora tensiunea superficială a dizolvantului. Se mai numește substanță tensioactivă. A. activi de suprafață imprimă, de exemplu, apei unele calități: o fac să spumeze, să ude mai bine suprafețele, să pătrundă în materiale poroase etc. În acest fel, sînt folosiți ca materiale ajutătoare de spălare, curățare, înmuiere, udare etc.

AGITAȚIE MOLECULARĂ. Mișcare continuă a particulelor constituente ale materiei — moleculele. Energia acestei mișcări constituie energia cinetică a moleculelor și reprezintă o parte din energia internă a corpului. Categoriile de mișcări pe care le pot suferi moleculele depind de starea de agregare a substanței considerate. Astfel, în stare gazoasă și lichidă, moleculele posedă mișcare de translație și rotație, iar în stare solidă, mișcare de vibrație în jurul unor poziții fixe. A ridica temperatura unui corp înseamnă a mări energia de mișcare a moleculelor sale (cinetică). La temperatura zero absolut, mișcările de translație și rotație încetează, dar, conform teoriei mecanicii cuantice, moleculele mai posedă mișcare de vibrație. A.m. poate fi pusă în evidență prin mișcarea browniană. Particulele unei soluții coloidale sînt în continuă mișcare rectilinie, a cărei direcție și viteză se modifică permanent. Mișcarea browniană se datorează bombardamentului continuu suferit de particulele coloidale din partea moleculelor mediului de dispersie. Cu ajutorul unui ultramicroscop se pot observa puncte luminoase care se deplasează cu viteză mai mare sau mai mică. Particulele coloidale primesc milioane de lovituri pe secundă, din toate direcțiile, deci efectul acestora se compensează în mare parte. Mișcarea browniană este, deci, consecința mișcărilor termice ale moleculelor mediului de dispersie, care devin astfel, indirect, accesibile observației. La temperatura camerei, moleculele gazelor au viteze de ordinul sutelor de metri pe secundă, pe cînd viteza mișcării browniene a unei particule coloidale este de cel mult 1 $cm \cdot s^{-1}$.

AGREGARE (Stări de). Stări ale materiei, care diferă structural prin ordinea de aranjare a particulelor constituente. În funcție de gradul de ordonare se disting trei faze sau stări de a.: solidă, lichidă și gazoasă.

Starea (faza) solidă se caracterizează prin ordine tridimensională la distanță mare.

Starea (faza) lichidă se caracterizează prin ordine la distanțe comparabile cu dimensiunile moleculare.

Starea (faza) gazoasă are drept caracteristică lipsa completă a ordinii.

În stare solidă, moleculele (atomii sau ionii) posedă numai mișcare de vibrație în jurul pozițiilor de echilibru. Distanța dintre molecule este mică, din care motiv solidele au formă și volum propriu. Mobilitatea extrem de redusă explică rezistența mare la modificarea formei. În stare gazoasă, moleculele au mișcări de translație, rotație și vibrație internă. Distanța dintre molecule este mare, astfel încît forțele de atracție sînt foarte slabe, de aceea gazele nu au formă și volum propriu. Starea lichidă se apropie de cea gazoasă în ceea ce privește mișcarea moleculară și de cea solidă, ca distanțe între molecule. Mobilitatea mare a moleculelor explică modificarea rapidă a formei și curgerea sub acțiunea unor tensiuni mici, iar distanța mică între molecule determină incompresibilitatea lor. Astfel, lichidele au volum propriu, dar nu au formă proprie. Modificarea stării unui sistem la echilibru se numește tranziție. Tranzițiile de fază sînt de două categorii: de ordinul întîi și de ordinul doi.

Tranzițiile de fază de ordinul întîi sînt transformări între două faze; din această categorie fac parte: topirea și fenomenul invers, de solidificare, fierberea și condensarea, sublimarea și trecerea de la o formă cristalină la alta. *Regula fazelor a lui Gibbs* arată că două faze ale unui sistem monocomponent pot coexista la presiune constantă numai la o singură temperatură de transformare. La această temperatură, potențialele termodinamice ale celor două faze sînt egale, Deci, la temperatura de tranziție, entalpia

Scanned with OKEN Scanner

liberă variază continuu, dar derivatele sale parțiale de ordinul întîi, volumul și entropia variază prin salt, adică prezintă o discontinuitate de prima speță. Creșterea bruscă a volumului specific la temperatura de topire se explică prin apariția gradelor de libertate — rotație și translație, care duc la creșterea distanței între molecule, iar la temperatura de fierbere se realizează o mărire importantă a distanțelor intermoleculare. Entropia crește în același sens, datorită trecerii de la ordinea tridimensională la ordinea la distanță mică și, de aici, la dezordine. Tranzițiile de ordinul întîi sînt complet reversibile, adică temperaturile la care au loc sînt independente de faza de la care se pleacă, de metoda de determinare și de viteza de încălzire sau răcire.

Tranzițiile de fază de ordinul doi sînt transformări în cadrul aceleiași faze; din această categorie fac parte transformarea substanțelor feromagnetice în paramagnetice, a heliului lichid I în heliu lichid II, a substanțelor lichide în stare sticloasă etc. La punctul de transformare, variază continuu nu numai entalpia liberă, ci și derivatele sale parțiale de ordinul întîi. Mărimile care cuprind derivate parțiale de ordinul doi — coeficientul de dilatare, de compresibilitate și căldura specifică — la presiune constantă variază prin salt.

AJUTAJ. Organ de mașină static cu secțiune variabilă sau constantă, folosit pentru accelerarea sau frînarea unui curent de fluid, în vederea transformării, în condiții optime, a energiei potențiale (de presiune) în energie cinetică sau invers. Deoarece lungimea **a.** este redusă și curgerea se efectuează cu viteze ridicate, schimbul de căldură cu exteriorul poate fi neglijat și destinderea considerată adiabatică.

În condiții teoretice, se consideră evoluția fluidelor compresibile (gaze, vapori) efectuîndu-se fără frecări și fără schimb de lucru mecanic cu exteriorul. În acest caz, curgerea în regim staționar este caracterizată de condițiile $\delta q=0$; $\delta l=0$; $dz=0$; $\delta q_f=0$. (δq_f — variația elementară de căldură echivalentă lucrului mecanic de frecare).

Ecuațiile fundamentale sub formă diferențială ale curgerii prin **a.** sînt:

$\frac{dA}{A}+\frac{dw}{w}=\frac{dv}{v}$ — ecuația continuității;

$dh+wdw=0$ — ecuația conservării energiei;

$ds=0$ — ecuația termică care stabilește condiția de realizare a unui proces adiabatic de curgere;

unde: A este aria unei secțiuni oarecare a ajutajului; s — entropia specifică; w — viteza de curgere în secțiunea A; v — volumul specific.

Ecuația continuității, caracteristică **a.**, se scrie în mod curent sub forma $A.\psi=\text{const.}$, fiind denumită *ecuația* **a.**, deoarece permite determinarea formei acestuia în funcție de natura gazului și de transformarea suferită de gaz în **a.** Funcția ψ, caracteristică ajutajului, are expresia:

$$\psi=\left(\frac{p}{p_1}\right)^{\frac{1}{k}}\sqrt{\frac{k}{k-1}\left[1-\left(\frac{p}{p_1}\right)^{\frac{k-1}{k}}\right]},$$

unde: p_1 este presiunea gazului în secțiunea de intrare în ajutaj; p — presiunea gazului într-o secțiune oarecare; k — exponentul adiabatic. Variația funcției ψ în raport cu parametrul p/p_1 are loc între valoarea $\psi=0$ în secțiunea de intrare, în care $p=p_1$ și valoarea maximă ψ_{max}, care este dată de raportul $\left(\frac{p}{p_1}\right)_{cr}=\left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{k}{k-1}}$. Din expresia acestui *raport*, denumit *critic*, se deduce presiunea pentru care funcția ψ capătă valoarea maximă, denumită *presiune critică*:

$$p_{cr}=p_1\left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{k}{k-1}},$$

valoarea maximă a funcției ψ fiind:

$$\psi_{max}=\left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{1}{k-1}}\sqrt{\frac{k}{k+1}}.$$

Viteza teoretică a gazului în secțiunea de ieșire din **a.** este:

$$w_2=\sqrt{2(h_1-h_2)+w_1^2},$$

unde h_1, w_1 sînt entalpia specifică, respectiv viteza gazului în secțiunea de intrare a **a.**, iar h_2, w_2 — entalpia specifică, respectiv viteza gazului în secțiunea de ieșire a **a.**

Exprimată în funcție de presiuni, viteza de ieșire a gazului devine:

$$w_2=\sqrt{2\frac{k}{k-1}RT_1\left[1-\left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{k-1}{k}}\right]+w_1^2},$$

relație care se aplică independent de tipul de **a.** și în care: k este exponentul adiabatic; R — constanta generală a gazului; T_1 — temperatura în secțiunea de intrare a ajutajului; p_1, p_2 — presiunea gazului în secțiunea de intrare, respectiv de ieșire a **a.** Procesul real de curgere prin **a.** are loc cu frecare. În consecință, în cazul real, condițiile de curgere sînt:

$$\delta q=0;\ \delta l=0;\ dz=0;\ \delta q_f>0.$$

Scanned with OKEN Scanner

Ecuația continuității și ecuația conservării energiei păstrează aceeași formă ca și în cazul teoretic, pe cînd ecuația termică capătă expresia $ds=\frac{\delta q_f}{T}>0$. Deci, în condiții reale, procesul este adiabatic neizentrop (cu creștere de entropie). Deci, diferența de entalpie a gazului între intrarea și ieșirea din **a.** sau căderea adiabatică reală este mai mică decît în cazul teoretic, ceea ce conduce la scăderea vitezei reale de ieșire din **a.** în raport cu valoarea obținută în condiții teoretice. În consecință, energia cinetică la ieșirea din **a.** este mai mică în cazul real decît în cel teoretic, datorită frecărilor care au provocat o pierdere de energie cinetică, numită *pierdere* în **a.** În mod practic, se ține seama de pierderea de energie cinetică prin introducerea unui *coeficient de pierdere* a vitezei, denumit și *coeficient de frecare* φ, astfel încît $w_{2r}=\varphi w_2$. Coeficientul φ are valori subunitare și se determină experimental, fiind cuprins între 0,93 și 0,97.

Forma **a.**, condiționată de legea de variație a secțiunii transversale, diferă, în principal, după scopul în care este folosit (accelerarea sau frînarea fluidului) și după regimul de curgere (subsonic sau supersonic).

A. pot fi: convergente, convergent-divergente, divergente sau cu secțiune constantă (cilindric) (fig. A.33). Forma secțiunii **a.** este, în general, independentă de gradientul ariei secțiunii transversale în direcția curgerii și poate fi rectiliniu (conic), curbiliniu sau aerodinamic (cu rezistență minimă de curgere). Lungimea **a.** este determinată, în general, numai de pierderile gazodinamice, iar direcția axei și forma secțiunilor transversale sînt determinate de destinația **a.** **A.** pot avea axa rectilinie sau curbilinie, ultima folosindu-se, de obicei, la mașini rotative, la care axa curbă e impusă de traiectoria fluidului. Secțiunea transversală a **a.** poate avea formă circulară, dreptunghiulară, de coroană circulară sau de sector de coroană circulară.

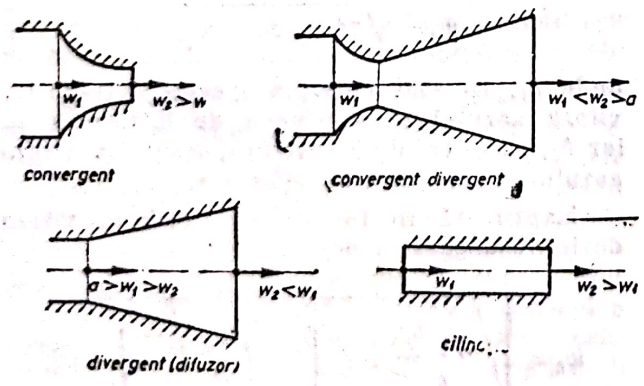


Fig. A.33. Tipuri de ajutaje.

A. convergent este un **a.** a cărui secțiune transversală descrește în sensul curgerii. Este folosit pentru accelerarea fluidelor pînă la atingerea vitezei critice. Creșterea energiei cinetice se obține, în cazul fluidelor compresibile, pe seama unei căderi de entalpie a lor. În **a. convergent**, destinderea gazului are loc pînă la maximum: presiunea critică, deci viteza w_2 va fi mai mică sau cel mult egală cu viteza sunetului ($w_2\leqslant a$), corespunzătoare temperaturii gazului în secțiunea critică.

Dimensionarea **a. convergent** constă în determinarea secțiunilor de intrare și de ieșire și a lungimii lui. Secțiunile de intrare și de ieșire din **a.** pot fi determinate cu ecuația de continuitate:

$$\dot{m}=A_1w_1\rho_1=A_2w_2\rho_2,$$

în care: $\dot{m}$ este debitul de gaz [kg/s]; ρ_1 și ρ_2 — densitățile gazului la intrare și ieșire; w_1 — viteza la intrare (aleasă). Secțiunea de ieșire S_2 poate fi perpendiculară sau înclinată pe axa **a.** În fig. A.34 se prezintă un **a.** cu secțiunea de ieșire înclinată față de axa lui. La **a.** cu secțiunea de ieșire înclinată se poate obține expansiunea fluidului compresibil în spațiul limitat de secțiunea corespunzătoare cotei t din fig. A.34. Această proprietate a **a. convergente** face posibilă folosirea lor în locul celor convergent-divergente (la turbinele cu gaze și la cele cu aburi), ultimele prezentînd dezavantajul de a nu-și modifica debitul, cînd contrapresiunea **a.** crește.

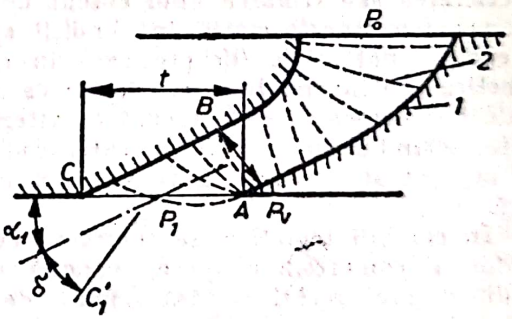
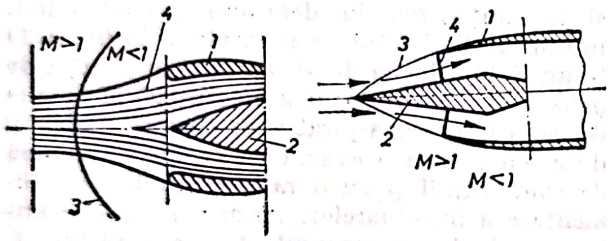


Fig. A.34. Ajutaj cu secțiunea de ieșire înclinată în raport cu axa ajutajului.

A. divergent (Sin.: **Difuzor**) este un **a.** a cărui secțiune transversală crește în sensul curgerii. Este folosit pentru frînarea curentului și, deci, pentru comprimarea fluidelor incompresibile. Comprimarea (creșterea presiunii) se realizează prin transformarea energiei cinetice a fluidului în energie potențială. Axa de curgere poate fi rectilinie sau curbilinie, după destinația **a.**, iar conturul secțiunii longitudinale poate fi conic sau aerodinamic. Dimensionarea **a.** implică calculul ariei secțiunii de intrare sau de ieșire. La viteze de intrare $w_1\geqslant a$ (sonice și supersonice) ale fluidelor compresibile, **a.** funcționează însă ca accelerator, dacă nu apare unda de șoc, fluidul destinzîndu-se în loc să se

comprime. **A.** divergent poate fi folosit, totuși, și la comprimarea curenților supersonici, în spatele cărora se obține un curent subsonic care, pătrunzînd în **a.**, se comprimă (fig. A.35 a). Pierderile de energie provocate de unda de șoc frontală pot fi micșorate cu ajutorul unui deflector coaxial cu **a.** care transformă șocul frontal de compresiune într-o succesiune de unde de șoc înclinate, urmate de un șoc frontal de mai mică intensitate al căror efect însumat este egal cu cel al undei de șoc frontale unice, dar cu pierderi mai mici și ca urmare, comprimarea este mai apropiată de o adiabată (fig. A.35 b). **A.** divergente se folosesc drept organ de comprimare (difuzor) la ejectoare și la statoarele mașinilor cu rotor, ca: pompe compresoare și suflante centrifugale, statoreactoare, turboreactoare etc.



a) b)

Fig. A.35. Ajutaje divergente.

A. convergent-divergent (Sin.: **Ajutaj Laval** fig. A.36) este format dintr-o parte convergentă și una divergentă, racordate în dreptul secțiunilor lor minime. Partea divergentă cu profil conic are un unghi de evazare de 6—12°; la un unghi mai mare de 12°, apare pericolul de turbionare a fluidelor în apropierea pereților **a.**, datorită dezlipirii jetului de fluid. Dimensionarea **a.** implică determinarea secțiunii transversale minime, a secțiunii de ieșire, a lungimii părții divergente și a unghiului de evazare a acestei părți. La o destindere a fluidului între presiunea inițială și cea critică, viteza în secțiunea de ieșire din **a.** devine sonică.

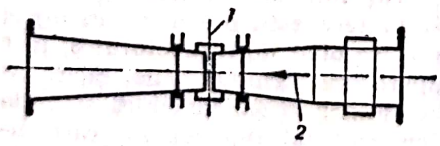


Fig. A.36. Ajutaj convergent — divergent.

A. convergent-divergent cu regim de funcționare subsonic se utilizează ca organ principal al debitmetrelor sau al vitezometrelor (v. **Tub Venturi**).

A. convergent-divergent cu regim supersonic de funcționare se utilizează la statoarele turbinelor cu abur care prelucrează într-o singură treaptă diferențe mari de entalpie, la ejectoare, la injectoare cu abur, ca ajutaje de reacțiune la rachete și la reactoarele supersonice etc.

A. cilindric are secțiunea transversală constantă și este folosit, în general, pentru a imprima fluidului o anumită direcție. În acest tip de **a.** se pot obține viteze supersonice prin metode termice sau mecanice.

După *viteza fluidului în secțiunea de ieșire*, se deosebesc **a.** sonice, subsonice și supersonice.

A. sonic este **a.** în care, în secțiunea de ieșire, viteza de curgere a fluidului este egală cu viteza sonică.

A. subsonic. În acest tip de **a.** viteza fluidului nu poate depăși viteza sunetului, fiind în general inferioară acesteia. Viteza fluidului poate fi cel mult egală cu viteza sunetului în una din secțiunile limită (secțiunea de intrare la **a.** divergente sau cea de ieșire la **a.** convergente). **A.** convergent-divergente funcționează în regim subsonic, de exemplu, cînd sînt utilizate ca debitmetre sau la contrapresiuni care depășesc mult presiunea finală de calcul.

A. supersonic. În acest tip de **a.** viteza fluidului la ieșirea din el depășește regimul sonic de curgere. Accelerarea curentului peste viteza sunetului se obține prin creșterea secțiunii de curgere.

După *scopul* în care sînt folosite, se deosebesc: **a.** de măsură și **a.** de reacțiune.

A. de măsură este convergent sau convergent-divergent, cu regim de funcționare subsonic, folosit ca organ principal al debitmetrelor sau al vitezometrelor pentru fluide. Măsurarea debitului sau a vitezei se face pe baza căderii de presiune statică, ce apare datorită variației energiei potențiale la micșorarea secțiunii de curgere, determinată de geometria **a.**

A. de reacție este organul unui reactor sau al unei rachete, care servește la accelerarea gazelor evacuate din turbina cu gaze sau chiar direct din camera de combustie, prin folosirea căderii de entalpie a acestora, în vederea realizării propulsiei direct reactive a aparatului de zbor. **A.** de reacție poate fi convergent, pentru viteze subsonice ale aparatului de zbor, sau convergent-divergent, pentru viteze supersonice. La turboreactoare (fig. A.37) se folosește, uneori, **a. de reacțiune reglabil** cu

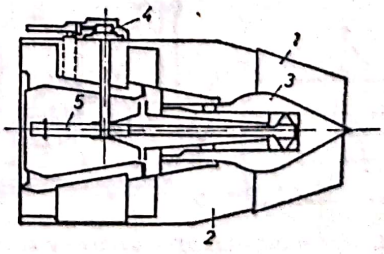


Fig. A.37. Ajutaj de reacțiune pentru turboreactor:
1 — ajutaj; *2* — cameră intermediară; *3* — con de reglare a ajutajului; *4* — mecanism de acționare a conului; *5* — cremalieră.

ajutorul unui con axial. **A.** reglabil complică mult construcţia turboreactorului, de aceea este utilizat numai în cazuri speciale, cînd determină creşterea esenţială a propulsiei sau o face mai economică, asigurîndu-se funcţionarea stabilă şi sigură în orice condiţii de utilizare.

ALIMENTARE CU COMBUSTIBIL. Acţiune de furnizare continuă a combustibilului de către o instalaţie, în vederea pornirii şi menţinerii în stare de funcţionare a maşinilor termice, corespunzător regimurilor de lucru ale acestora. Maşinile termice pot fi alimentate cu combustibil lichid, gazos sau solid. **A. cu c.** a maşinilor termice se poate realiza cu combustibili clasici (de natură petrolieră, cărbune etc.) sau cu combustibili neconvenţionali (hidrogen, metanol, biogaz, combustibil nuclear etc.).

A. cu c. lichid (benzină, motorină, combustibil greu, metanol etc.) este caracteristică, în general, motoarelor cu ardere internă şi se desfăşoară, în principal, după următoarele faze:

La *motoarele cu aprindere prin scînteie cu carburator*, se aspiră aerul din atmosferă prin filtrul *1* (fig. A.38), montat în amontele prizei de aer *2* a carburatorului; de la rezervorul de combustibil *5*, prin filtrul *6*, se alimentează carburatorul *9*, utilizînd o pompă de transfer cu membrană *8*, antrenată mecanic de la arborele de distribuţie *7*; în carburator se formează amestecul aer-combustibil în proporţia cerută de regimul de funcţionare; amestecul aer-combustibil este aspirat în cilindrii motorului prin colectorul de admisie *4*, canalele de admisie din chiulasă şi secţiunea oferită de supapele

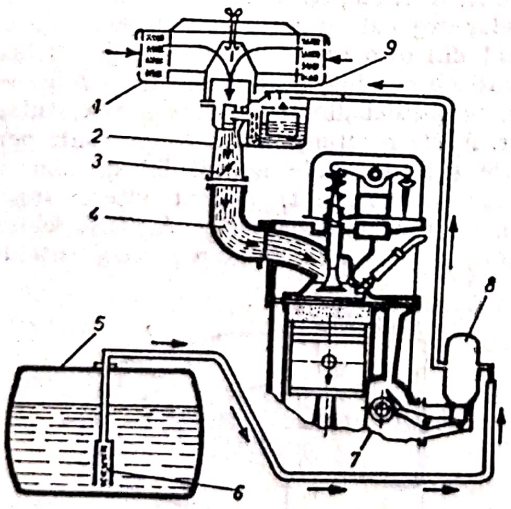


Fig. A.38. Sistemul de alimentare cu combustibil al motorului cu aprindere prin scînteie.

de admisie, cantitatea de amestec fiind reglată de obturatorul *3* al carburatorului.

La *motoarele cu aprindere prin scînteie cu injecţie de benzină*, pompa de transfer alimentează o pompă de injecţie care introduce combustibilul printr-un pulverizator, montat în colectorul de admisie, în imediata apropiere a supapelor de admisie (varianta cea mai des folosită) sau direct în cilindrii motorului; ca urmare, amestecul aer-combustibil se formează corespunzător zonei de pulverizare a combustibilului. La injecţia de benzină, în locul reglării cantităţii de amestec, se foloseşte reglajul cantităţii de aer cu ajutorul unei clapete de admisie. Dozarea corectă a combustibilului în aerul aspirat necesită, în cazul injecţiei de benzină, dispozitive speciale de reglaj. După tipul sistemului de reglaj, se deosebesc trei procedee: reglajul mecanic al debitului de combustibil în funcţie de poziţia clapetei de admisie şi de turaţie; reglajul debitului de combustibil în funcţie de presiunea înaintea supapei de admisie şi de turaţie; reglajul debitului de combustibil în funcţie de debitul de aer aspirat. În fig. A.39 se prezintă schema de alimentare cu injecţie de benzină, la care reglajul se efectuează în funcţie de debitul de aer aspirat şi de turaţie. Sistemul de **a. cu c.** este prevăzut cu o singură pompă de combustibil şi cu o rampă comună de alimentare a injectoarelor. Pompa *7* aspiră combustibilul din rezervorul *14* prin filtrul *8*, menţinînd presiunea combustibilului constantă în rampa comună *15*, cu ajutorul unei supape cu arc *9*, care returnează surplusul de combustibil în rezervor. Rampa comună alimentează injectoarele *2*. Supapa *9* este pusă în legătură cu colectorul de admisie, menţinînd o suprapresiune constantă (cca 2,5 bar) faţă de presiunea din colectorul de admisie. Debitul injectat nu depinde astfel decît de timpul de deschidere al injectorului. Reglajul debitului de combustibil se efectuează în funcţie de debitul de aer aspirat şi de turaţia motorului. Debitmetrul *3* este cu clapetă de aer a cărei poziţie unghiulară transmisă la un potenţiometru este funcţie de debitul de aer aspirat. Influenţa turaţiei se transmite blocului electronic de comandă *1* sub formă de impulsuri prin intermediul distribuitorului *13*. Pentru pornirea la rece este prevăzut un injector de pornire *6*, acţionat de traductorul *5*, în funcţie de temperatura lichidului de răcire. Mărirea debitului de aer la sarcină mică şi mijlocie se obţine cu ajutorul supapei *10*, care deschide un canal de ocolire a clapetei de admisie şi a cărui secţiune de trecere este în funcţie de temperatură. Ca reglaje suplimentare şi corecţii, se aplică îmbogăţirea la mersul în gol şi la plină sarcină, comanda fiind dată de un contact *11*, legat cu clapeta de admisie. Releul de protecţie *12* împiedică alimentarea pompei de combustibil *7* şi a supapei *10* cînd motorul este oprit.

La motoarele cu aprindere prin comprimare (diesel), pompa de transfer (cu pistonaşe sau cu roţi dinţate) alimentează pompa de injecţie,

Scanned with OKEN Scanner

care debitează combustibilul, prin intermediul injectoarelor, direct în cilindrii motorului. Formarea amestecului aer-combustibil are loc în interiorul cilindrilor. Dozarea combustibilului se realizează mecanic de către pompa de in-

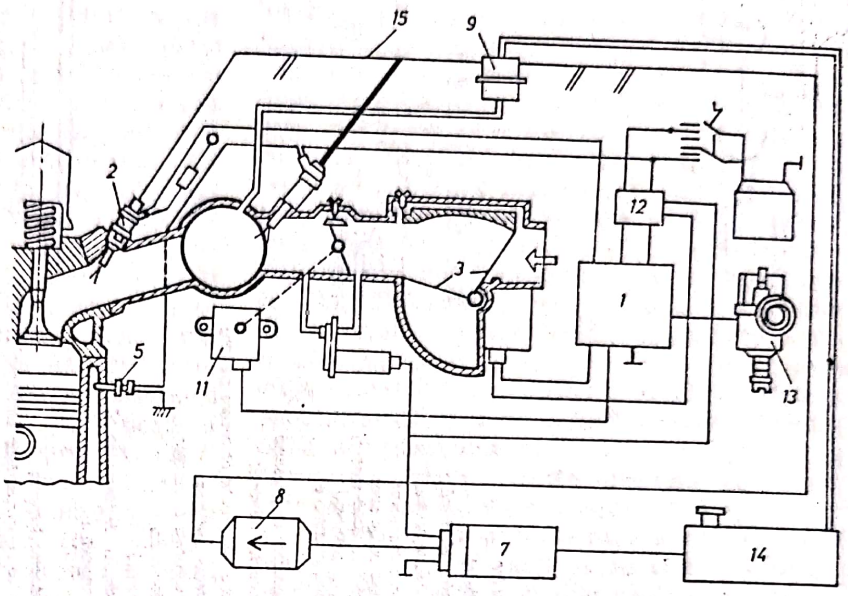


Fig. A.39. Schema de alimentare cu injecție de benzină la un motor cu aprindere prin scînteie.

jecție, în funcție de regimul de funcționare al motorului. În fig. A.40 se prezintă schema de **a. cu c.** a unui motor diesel cu pompă de injecție în linie. Combustibilul este aspirat din rezervorul *1* de pompa de alimentare *2* și trimis prin bateria de filtre *3* la pompa de injecție *4*. În timpul procesului de injecție, combustibilul refulat de pompa de injecție este distribuit la

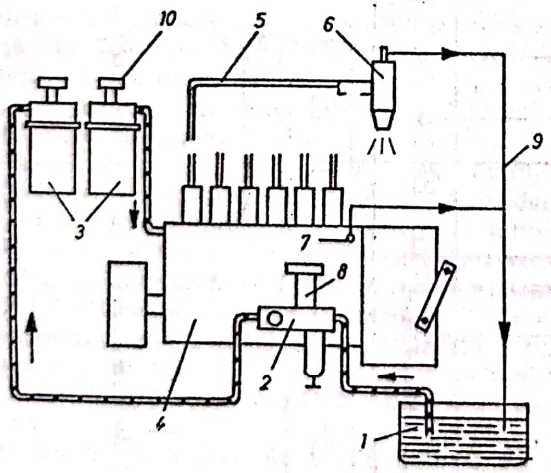


Fig. A.40. Sistemul de alimentare cu combustibil al motorului diesel.

injectoarele *6*, prin intermediul conductelor de înaltă presiune *5*. Surplusul de combustibil este returnat în rezervor prin circuitul de retur *9*. Amorsarea sistemului se realizează cu ajutorul pompei *8*, iar aerisirea se efectuează prin desfacerea șuruburilor *10* de la filtru, sau *7* de la pompa de injecție.

A. cu c. lichid se utilizează pe scară largă și la instalațiile de turbine cu gaze, precum și la focarele generatoarelor de abur. *La turbinele cu gaze*, combustibilul este introdus în camera de ardere prin intermediul unei pompe de combustibil și al unui injector. Presiunile de injecție sînt de ordinul 40—60 bar. Alimentarea cu aer este asigurată de către un compresor centrifugal, (sau axial) cuplat cu axul turbinei. Amestecul aer-combustibil este dozat în funcție de debitul de gaze la intrarea în turbină. În fig. A.41 este prezentată schema de **a. cu c.** a unei instalații de turbină cu gaze.

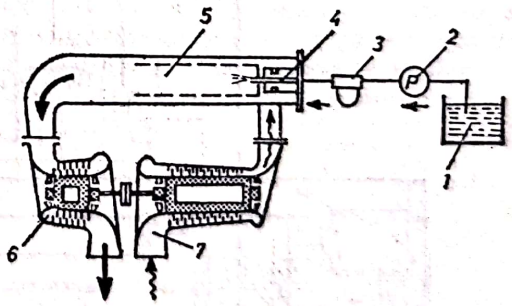


Fig. A.41. Schemă de alimentare cu combustibil a unei instalații de turbină cu gaze:
1 — rezervor de combustibil; *2* — pompă; *3* — filtru; *4* — injector; *5* — cameră de ardere; *6* — turbină de gaze; *7* — compresor de aer.

Schema de **a. cu c.** lichid (păcură) a *arzătoarelor focarului unui generator de abur* este prezentată în fig. A.42. Schema prezintă alimentarea cu combustibil a unui grup de patru arzătoare, dintre care două în funcțiune și două în rezervă.

A. cu doi sau mai mulți combustibili lichizi se practică, în general, la *motoarele termice policarburante*. Se poate realiza cu combustibili de aceeași origine (cel

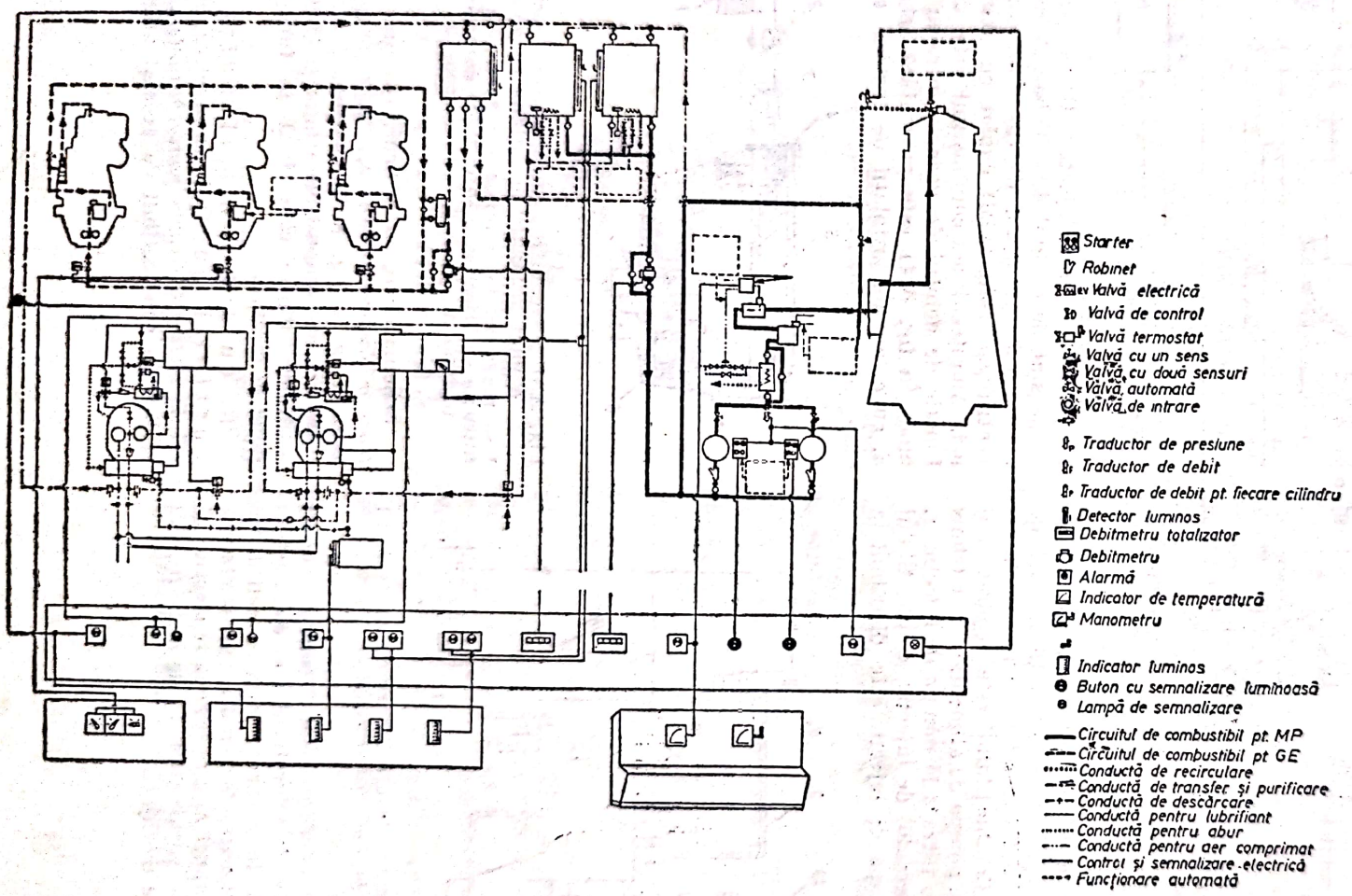


Fig. A.43. Schemă de alimentare cu doi combustibili a unui motor diesel naval.

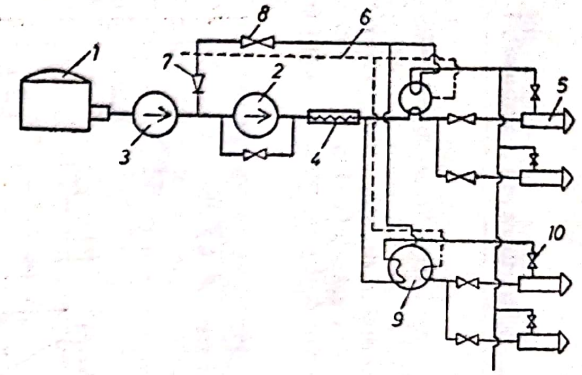


Fig. A.42. Schemă de alimentare cu combustibil lichid a focarului unui cazan:

1 — rezervor; *2* — pompă centrală; *3* — pompă; *4* — preîncălzitor; *5* — injector; *6* — conductă retur; *7* — supapă de reținere; *8* — robinet de reglare; *9* — robinet cu cinci căi; *10* — robinet de închidere.

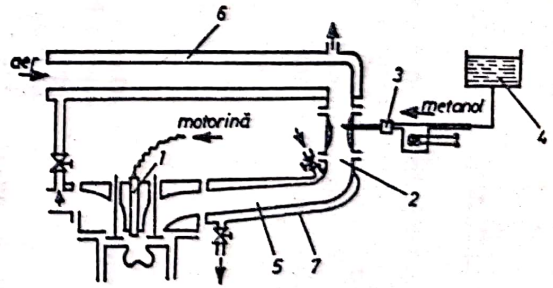


Fig. A.44. Alimentare mixtă (motorină și metanol) la un motor diesel:

1 — injector de motorină; *2* — carburator pentru metanol; *3* — dozator pentru metanol; *4* — rezervor pentru metanol; *5* — colector de admisie; *6* — manșon de încălzire a aerului de admisie; *7* — manșon de încălzire a amestecului aer-metanol.

Scanned with OKEN Scanner

mai des, de origine petrolieră) sau cu combustibili de origini diferite (ex.: motorină și metanol) și se poate face succesiv sau concomitent.

În fig. A.43 se prezintă schema de alimentare cu doi combustibili a motoarelor navale (principal și auxiliare). Combustibilul folosit pentru regimurile de manevră și marș încet este motorina; pentru marșul de durată, cu viteză mare de înaintare a navei, se utilizează combustibilul greu. Alimentarea cu motorină și combustibil greu se efectuează *succesiv*. La **a. cu c.** greu, înainte de introducerea acestuia în cilindrii motorului, se procedează la operația de preparare. Combustibilul din tancul de serviciu se încălzește în vederea fluidizării, pentru a fi ușor transferat în instalație și pentru a se îmbunătăți calitățile de pulverizare; apoi, după ce este trecut printr-o instalație de purificare, este trimis la pompa de injecție a motorului principal. Schimbarea **a. cu c.** este posibilă numai după ce motorul a fost oprit. **A. cu c.** greu se utilizează pentru motorul principal (în general, motor diesel în doi timpi cu cap de cruce); motoarele auxiliare (în general, motoare diesel în patru timpi) se alimentează numai cu motorină.

Alimentarea *concomitentă* cu doi combustibili lichizi de natură diferită a unui motor diesel este prezentată în fig. A.44. În paralel cu alimentarea cu motorină, se practică concomitent **a.** cu metanol, prin carburație cu injecție, în vederea realizării unor economii de motorină și a reducerii emisiilor nocive din gazele arse. Metanolul, introdus în cilindrul motorului, datorită căldurii latente de vaporizare foarte ridicate în comparație cu motorina (1 100 kJ/kg față de 251—314 kJ/kg), determină scăderea pronunțată a temperaturii în camera de ardere și, ca urmare, mărirea duratei întîrzierii la aprindere. Regimul scăzut de temperatură al camerei de ardere micșorează viteza reacțiilor chimice (în perioada de întîrziere la aprindere); ca urmare, se acumulează o cantitate apreciabilă de motorină în această perioadă, ceea ce determină mersul brutal al motorului, datorită măririi vitezei de creștere a presiunii. Ca atare, pentru micșorarea întîrzierii la aprindere și menținerea unui regim de temperatură normal în camera de ardere a motoarelor diesel, introducerea metanolului se face după o încălzire prealabilă. Încălzirea se poate realiza direct, cu ajutorul unei rezistențe electrice ecranate, montate în circuitul de alimentare cu metanol, sau indirect, încălzind aerul de admisie cu gaze calde sau amestecul aer-metanol cu apă caldă din sistemul de răcire al motorului. Cantitatea de metanol se reglează cu ajutorul unui dozator, în funcție de regimul de lucru al motorului. Funcționarea motorului, alimentat cu cei doi combustibili — metanol și motorină — după procedeul diesel-carburator, este posibilă în condițiile introducerii în cilindrul motorului a unei cantități minime de motorină, corespunzătoare regimului de sarcină parțială de 20—25 %.

A. cu c. gazos (gaze naturale, gaze lichefiate, gaz de cocserie, gaze de cuptor înalt, acetilenă, biogaz, hidrogen etc.) a mașinilor termice se realizează atît după principiul carburației (la motoarele cu aprindere prin scînteie), cît și după cel al injecției (la motoarele diesel, turbine cu gaze, generatoare de abur etc.). În cazul motoarelor diesel, alimentate prin injecție se folosește injecția de combustibil gazos, comprimat la 60—80 bar, la sfîrșitul cursei de comprimare. **A. cu c.** a motoarelor diesel după principiul carburației necesită injectarea, la sfîrșitul cursei de comprimare, a unui pilot de combustibil lichid pentru aprinderea amestecului aer-combustibil gazos. **A. cu c.** gazos după principiul carburației presupune existența unor dispozitive, care permit formarea amestecului aer-combustibil cît mai aproape de camera de ardere. Aceste dispozitive, numite amestecătoare de gaze, trebuie să fie prevăzute cu căi diferite de acces pentru aer și combustibilul gazos astfel, încît să se evite aprinderea amestecului de la punctele calde din amontele camerei de ardere. Un amestecător de gaze pentru motorul cu aprindere prin scînteie este prezentat în fig. A.45. Amestecătorul utilizează difuzorul *1*, prevăzut cu orificii tangențiale, practicate în secțiunea minimă de curgere. Combustibilul gazos este introdus prin supapa automată *2* în camera inelară de la exteriorul difuzorului, de unde este aspirat în cilindrul motorului, prin orificiile tangențiale din secțiunea minimă a difuzorului. Aerul necesar amestecării este aspirat pe la partea superioară a difuzorului. Clapeta *3* servește pentru laminarea curentului de aer la pornirea motorului,

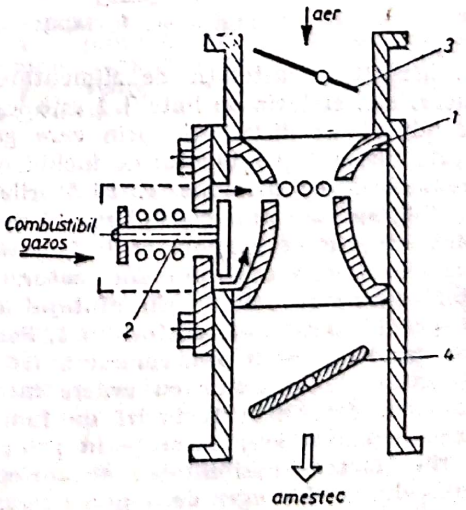


Fig. A.45. Amestecător de gaze pentru un motor cu aprindere prin scînteie:
1 — difuzor cu orificiu; *2* — supapă de gaz; *3* — clapetă de aer; *4* — obturator.

Scanned with OKEN Scanner

iar clapeta *4* pentru reglarea cantității de amestec în funcție de regimul de lucru al motorului. Amestecarea aerului cu combustibil gazos se produce în difuzor.

În cazul combustibililor gazoși, rezervorul de combustibil al instalației de a. cu c. este constituit din butelii în care gazul se comprimă la presiuni de 150—200 bar. Alimentarea mașinilor termice cu gaze comprimate în butelii se realizează prin intermediul unor reductoare de presiune, capabile să asigure o presiune de alimentare cvasiconstantă. În cazul gazelor lichefiate, se poate utiliza un singur reductor de presiune, deoarece presiunea gazului în butelie se menține cvasiconstantă (egală cu presiunea de saturație corespunzătoare temperaturii de lucru a buteliei). În fig. A.46 se prezintă schematic o instalație de alimentare cu gaze lichefiate. Bateria de butelii *1* este legată la o conductă de distribuție prin care gazul curge prin filtrul *2* și robinetul de închidere *3*, spre reductorul de presiune *4*. Picăturile de combustibil, apărute prin destinderea în reductor, sînt dirijate la evaporatorul *5*, încălzit de gazele de ardere evacuate din motor. Din reductor, gazele se scurg prin ajutajul calibrat *6* spre difuzorul amestecătorului *8*. Pentru pornire, gazul este adus prin conducta *7*.

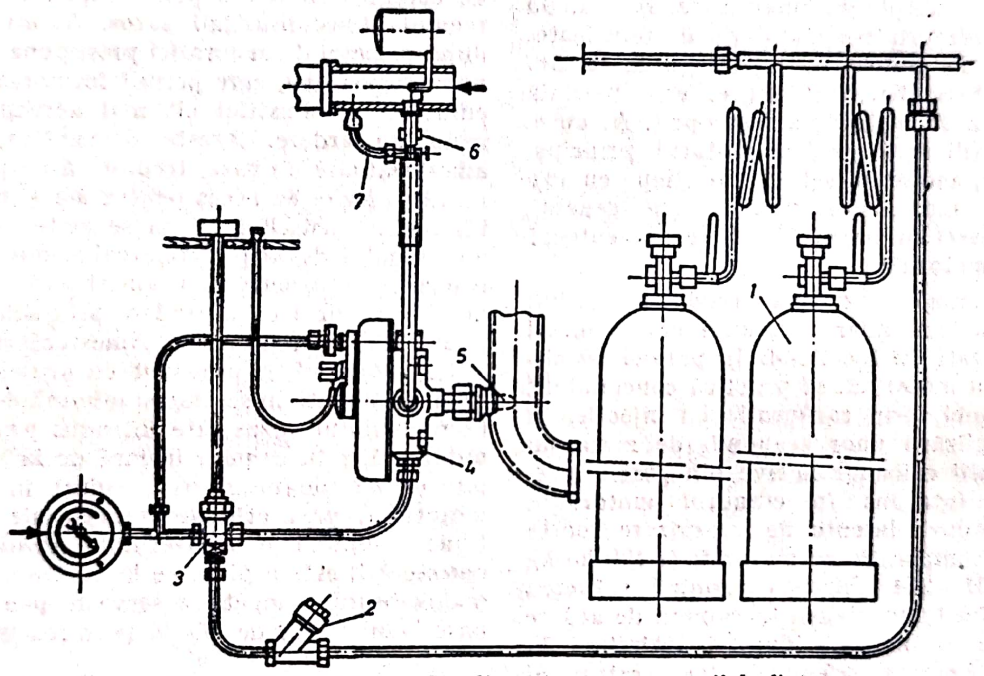


Fig. A.46. Instalație de alimentare cu gaze lichefiate.

Alimentarea motoarelor cu ardere internă cu hidrogen, determină regimuri de funcționare necorespunzătoare, datorate în principal următorilor factori: posibilitatea de aprindere a amestecului aer-hidrogen de la punctele calde din camera de ardere a motorului, precum și de la gazele fierbinți; viteza mare de ardere a hidrogenului determină o creștere rapidă de presiune, ceea ce solicită puternic echipajul mobil al motorului și lagărele acestuia. Alimentarea cu hidrogen devine eficientă, dacă se procedează la separarea traseelor de hidrogen și aer și la compartimentarea camerei de ardere a motorului. Compartimentarea camerei de ardere presupune gruparea pieselor mai calde într-un spațiu ce poate fi răcit atît la interior, cît și la exterior și a pieselor mai reci într-un alt spațiu, care nu necesită răcire. În spațiul cu piese mai reci pătrunde hidrogenul, iar în cel cu piesele mai calde, aerul folosit la formarea amestecului și care joacă rol și de mediu răcitor. Împărțirea camerei de ardere în două spații permite și reducerea efectului vitezei mari de ardere a hidrogenului, ca urmare a limitării debitului ce curge prin secțiunea dintre cele două camere. În fig. A.47 se prezintă schematic

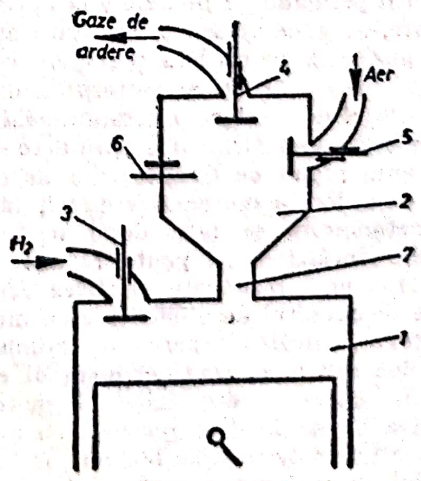


Fig. A.47. Schemă de alimentare cu hidrogen a unui motor cu aprindere prin scînteie.

alimentarea cu hidrogen a unui motor cu aprindere prin scînteie, prin separarea traseelor de hidrogen şi aer şi împărţirea camerei de ardere. Camera de ardere a motorului este divizată în două: camera de ardere din cilindrul *1* şi camera de ardere secundară *2*. În camera de ardere *1*, se află supapa de admisie *3* a hidrogenului (sau a unui amestec bogat aer-hidrogen); în camera secundară *2*, se află supapa de evacuare *4*, supapa de admisie a aerului *5* şi bujia *6*. Camera secundară de ardere *2* este separată de camera de ardere din cilindrul *1*, printr-o secţiune strangulată *7*, răcită puternic la exterior.

Schema de **a. cu c.** gazos a focarului unui generator de abur este prezentată în fig. A.48. Arzătoarele de gaz sînt de tip monobloc, automate sau semiautomate (v. Instalaţie de ardere)

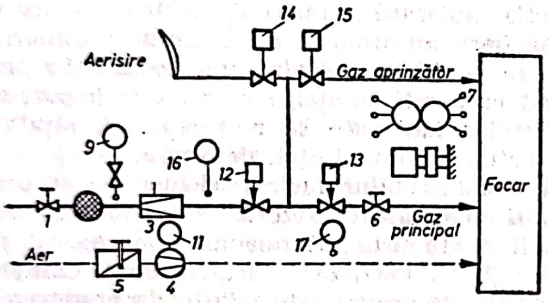


Fig. A.48. Alimentarea cu gaz a focarului unui cazan de abur:
1 — robinet de închidere; *2* — filtru de gaze; *3* — regulator de presiune; *4* — ventilator de aer; *5* — dispozitiv de reglare a aerului; *6* — robinet de reglare a debitului de gaze; *7* — electrod de aprindere; *8* — cap de vizare flacără; *9* — manometru; *10* — bobină de aprindere; *11* — motor electric; *12* — ventil magnetic de reglare; *13* — ventil electromagnetic pentru conducta de gaz principală; *14* — ventil electromagnetic de aerisire; *15* — ventil electromagnetic pentru gaz; *16, 17* — presostat de gaz şi aer.

A. cu c. solid (cărbune, lemn etc.) este, în general, caracteristică focarelor generatoarelor de abur. Arderea cărbunelui în focarul unui generator de abur se poate face în strat sau în stare pulverizată.

Arderea cărbunelui în strat se face în focare interioare cu grătare plane, constituite din bare paralele, aşezate alăturat prin simpla rezemare la capete pe grinzi transversale. Barele grătarului formează o suprafaţă plană orizontală sau cu o uşoară înclinare spre partea posterioară (panta 1 : 20). Combustibilul se introduce pe grătar prin uşa de alimentare, iar aerul primar prin uşa cenuşarului (fig. A.49).

Alimentarea *cu cărbune pulverizat* a arzătoarelor focarului presupune prepararea prafului de cărbune în instalaţii speciale. În fig. A.50 se prezintă schema de alimentare cu cărbune pulverizat a focarului unui generator de abur. Combustibilul din buncărul *1* este introdus în moara *5* cu ajutorul alimentatorului *3*, care reglează şi debitul, prin modificarea vitezei dispozitivelor de alimentare a cărbunelui. Cîntarul automat *2* serveşte pentru stabilirea consumului de combustibil. Pentru

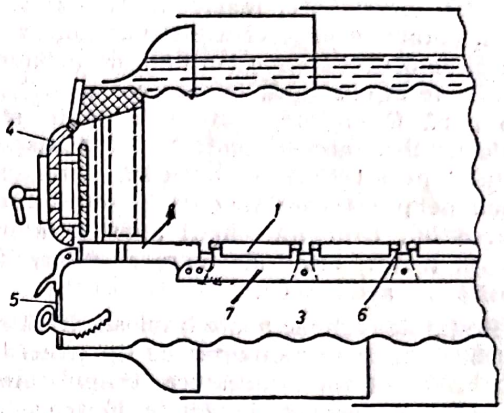


Fig. A.49. Alimentarea cu cărbune a focarului unui cazan de abur:
1 — bară grătar; *2* — spaţiu de ardere; *3* — cenuşă; *4* — uşă de alimentare; *5* — uşă de cenuşar; *6* — grindă transversală; *7* — grilă longitudinală; *8* — prag.

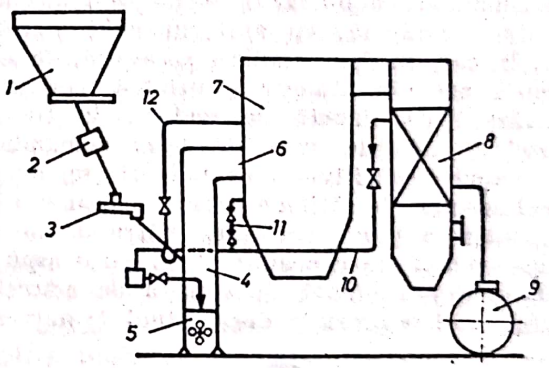


Fig. A.50. Alimentare cu cărbune pulverizat:
1 — buncăr; *2* — cîntar automat; *3* — alimentator; *4* — puţul morii; *5* — moară cu ciocane; *6* — ambrazură; *7* — focar; *8* — preîncălzitor de aer; *9* — ventilator; *10* — conductă pentru aer cald principal; *11, 12* — conducte pentru aer secundar.

a evita pătrunderea de aer rece în moară, pe conducta descendentă se instalează închizătoare cu clapete. Uscarea cărbunelui are loc în moară, concomitent cu măcinarea sa, pe baza căldurii cedate de aerul cald trimis de ventilatorul *9*. Separarea prafului se realizează pe baza principiului gravimetric în puţul *4* al morii de cărbune. Amestecul de praf de cărbune şi aer primar este introdus în focar prin fereastra *6*, numită ambrazură. Aerul secundar introdus prin ajutajele aflate la partea superioară şi respectiv, inferioară a ambrazurii *6*, este preluat din conducta principală *10*, de către conductele *11* şi *12*. Alimentarea cu cărbune pulverizat a motoarelor cu ardere internă are o utilizare restrînsă, datorită dificultăţilor

Scanned with OKEN Scanner

care apar la alimentare și ardere. Praful de cărbune conține un procent mare de cenușă care, prin calcinare, provoacă uzuri importante ale cilindrului, pistonului și supapelor. Particulele de praf de cărbune au forme variate, suprafețe neregulate, foarte mulți pori și permit acumularea unor cantități variabile de aer. Praful de cărbune are o tendință de aglomerare și chiar se brichetează, în care caz numai printr-o nouă fărîmițare poate fi adus în starea inițială. Din aceste motive, la transportul prafului prin tuburi se formează depuneri în formă de punți care îngreuiază sensibil vehicularea lui. Dificultăți mari apar și la injectare în motor, oricît de mare ar fi presiunea folosită în acest scop.

Praful de cărbune poate fi folosit drept combustibil numai în motoarele de tip diesel lente (100—200 rot/min), deoarece timpul aferent procesului de ardere, la aceste motoare, este mai mare. Funcționarea cu praf de cărbune este posibilă în condițiile adaptării unor dispozitive speciale, care asigură transportul, pulverizarea prafului de cărbune, precum și amestecarea sa omogenă cu aerul. Transportul prafului de cărbune de la rezervor pînă în camera de acumulare a pulverizatorului se realizează printr-o conductă, cu ajutorul unui ventilator. În camera de acumulare se aspiră, de asemenea, aer din atmosferă, printr-o conductă prevăzută cu clapetă de reglare. În timpul cursei de admisie, la deschiderea comandată a supapei dispozitivului de pulverizare, amestecul aer-praf de cărbune, format în camera de acumulare a pulverizatorului, pătrunde în cilindrul motorului concomitent cu aerul aspirat prin secțiunea oferită de supapa de admisie. În fig. A.51 se prezintă dispozitivul de pulverizare a prafului de cărbune al unui motor diesel lent.

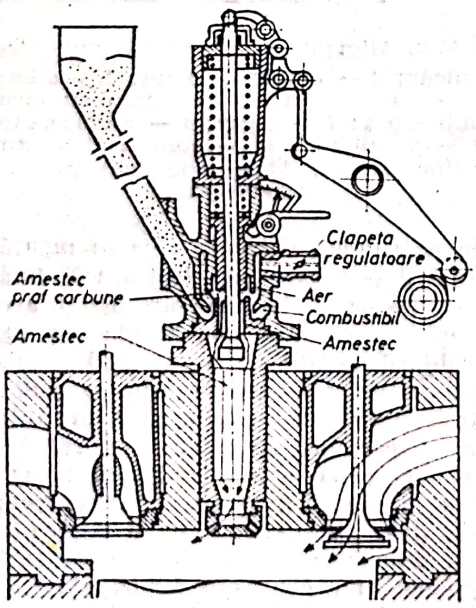


Fig. A.51. Dispozitiv de pulverizare a prafului de cărbune în camera de ardere a unui motor diesel.

A. cu c. nuclear a mașinilor termice se utilizează, în general, pentru producerea aburului. Combustibilul nuclear prezintă avantajul deținerii unei rezerve de energie în unitatea de masă de $2 \cdot 10^6$ ori mai mare decît a combustibilului clasic. Astfel, cantitatea de căldură degajată prin dezagregarea a 1 g de uraniu este echivalentă cu cantitatea de căldură degajată prin arderea a cca 3 tone de cărbune, sau a două tone de petrol. În instalațiile energetice alimentate cu combustibil nuclear, elementul principal îl constituie reactorul nuclear, care împreună cu schimbătoarele de căldură formează generatorul de abur. Reactorul nuclear utilizează combustibil format din bare de uraniu sau plutoniu, montate în masa unui moderator, care poate fi constituit din grafit, substanțe organice, apă grea, apă obișnuită etc.; reacția nucleară este controlată cu ajutorul unor bare absorbante de cadmiu sau thoriu. Pentru protecția termică, reactorul este prevăzut cu pereți de oțel, iar protecția împotriva radiațiilor ionizante se realizează cu straturi din beton, plumb și oțel, de o grosime apreciabilă. Combustibilul nuclear, elementele de control și moderatorul sînt astfel montate, încît pot fi răcite prin intermediul unor agenți de răcire (H_2O, D_2O, CO_2, He, Na etc.). Căldura absorbită de aceștia este folosită la producerea aburului. În fig. A.52 se prezintă instalația de alimentare cu combustibil în cadrul schemei unui reactor nuclear.

AMAGAT (Legea lui). Volumul total al unui amestec de gaze perfecte este egal cu suma volumelor gazelor componente, considerate se-

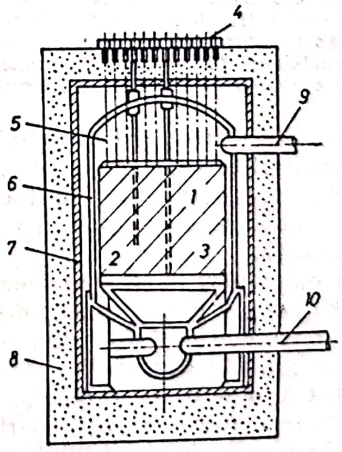


Fig. A.52. Schema alimentării cu combustibil a unui reactor nuclear:

1 — bară de uraniu; *2* — bară de reglare; *3* — moderator; *4* — tuburi de încărcare; *5* — bare de control; *6* — protecție termică; *7* — carcasă de oțel; *8* — protecție biologică; *9, 10* — canale pentru evacuarea și accesul agentului de răcire.

parat, în aceleași condiții de temperatură și presiune:

$$V_{AM} = \sum_{1}^{n} V_i$$

unde V_{AM} reprezintă volumul total al amestecului la presiunea p și temperatura T, iar V_i — volumul parțial al componentului i la presiunea p și temperatura T.

AMBRAZURĂ (v. Instalație de ardere). Canal de secțiune circulară sau dreptunghiulară, din material refractar, ce se montează în prelungirea secțiunii de ieșire a unui arzător de combustibil (gazos, lichid sau solid praf).

Ea are rolul de a stabiliza frontul de flacără (împiedicarea desprinderii flăcării de gura arzătorului).

AMESTEC. Rezultatul contactului a două sau a mai multor părți din substanțe ce nu reacționează chimic între ele, în volum, la sfîrșitul **A.** regăsind componenți ai tuturor substanțelor.

A. pot fi realizate în orice raport al maselor substanțelor componente. **A.** în care intervin componenți de dimensiuni moleculare se numesc *soluții*. **A.** alcătuite dintr-un component cu dimensiuni moleculare și unul sau mai mulți componenți cu dimensiuni mai mari decît cele moleculare se numesc *soluții coloidale* sau *suspensii*.

După felul **a.** sau utilizarea acestuia, se deosebesc următoarele tipuri: **a.** de gaze, **a.** carburant, **a.** exploziv, **a.** inflamabil și **a.** lichid.

A. de gaze reprezintă punerea în contact a mai multor gaze. **A.** de gaze constituie, în general, agenții care evoluează în mașinile și instalațiile termice. Ca exemple de **a.** de gaze sînt: aerul, gazele combustibile, gazele de ardere etc.

A. carburant sau **combustibil** reprezintă **a.** aerului cu o substanță în fază gazoasă într-un astfel de raport, încît fiecare particulă de combustibil să fie înconjurată de aerul necesar oxidării (arderii) sale.

A. exploziv reprezintă **a.** dintre aer și o substanță combustibilă, realizat într-un raport cuprins între limitele de explozie ale amestecului.

A. inflamabil reprezintă **a.** realizat dintr-o substanță combustibilă și aer, astfel ca **a.** să se poată aprinde la cea mai joasă presiune. Inflamabilitatea **a.** depinde de: forma și dimensiunile recipientului în care se păstrează **a.**, presiunea aerului, temperatura **a.** etc.

A. lichid reprezintă **a.** format din doi componenți solubili în stare lichidă. Fiecare lichid are rolul de dizolvant al celuilalt.

AMONTE. Calitate a unui punct de a fi situat față de altul, considerat de referință, spre partea surselor de alimentare cu energie mecanică, termică, hidraulică, electrică, de-a lungul unui traseu. În tehnică se utilizează denumirile:

— *Canal* **a.** (sau *conductă* **a.**), situat înainte de intrarea agentului de lucru într-o instalație;

— *Nivel* **a.**, corespunzător nivelului apei la intrarea într-o instalație;

— *Sens* **a.**, sensul spre sursele de alimentare cu energie mecanică, termică, hidraulică, electrică, raportat la un punct oarecare.

AMORTIZOR DE VIBRAȚII. Dispozitiv special, în formă de disc, montat pe arborele cotit al motorului cu ardere internă, în partea opusă volantului, care are rol de a atenua vibrațiile (oscilațiile) de torsiune, evitînd astfel turațiile critice periculoase.

După felul în care se utilizează energia deformațiilor de torsiune, se deosebesc: **a. de v.** cu frecare sau cu disipare de energie și **a. de v.** dinamice sau fără disipare de energie. Datorită complicațiilor constructive și intervalului îngust de influență, **a. de v.** dinamice au utilizare limitată.

A. de v. cu frecare sînt alcătuite din trei elemente: elementul primar, care se fixează pe arborele cotit; elementul inerțial, care are o masă importantă și este liber pe arbore; elementul de cuplare, care stabilește legătura dintre primele două prin intermediul forțelor de frecare. În timpul funcționării, elementul primar se rotește odată cu arborele cotit; mișcarea lui se transmite prin elementul de cuplare elementului inerțial. Dacă arborele cotit nu vibrează, viteza unghiulară a elementului inerțial este identică cu cea a elementului primar. Datorită vibrațiilor (oscilațiilor) de torsiune, între cele două elemente apare o mișcare relativă, întrucît elementul inerțional tinde să-și păstreze mișcarea uniformă de rotație. Diferența de viteză unghiulară determină apariția unor deformații de torsiune ale arborelui, care sînt preluate de elementul de cuplare, sub formă de energie de deformație, ulterior disipată în mediul ambiant sub formă de căldură. Se atenuează, astfel, amplitudinea vibrațiilor de răsucire.

A. de v. cu frecare se pot realiza în mai multe variante constructive: *cu frecare exterioară, cu frecare interioară, cu mase libere cu frecare uscată, cu mase libere cu frecare vîscoasă*. În fig. A.53 se prezintă un **a. de v.** cu frecare exterioară. Elementul primar este alcătuit dintr-un disc fixat pe arbore prin pană, iar elementul inerțional este realizat din două discuri (volanți) libere pe arbore, care se cuplează cu elementul primar prin intermediul unor discuri de fricțiune și a unor arcuri elicoidale dispuse periferic. **A. de v.** cu frecare interioară și **a. de v.** cu mase libere cu frecare uscată funcționează pe baza proprietății cauciucului de a permite deformații mari, consumînd pentru frecările interne cantități importante de energie prin

Scanned with OKEN Scanner

histerezis mecanic. În fig. A.54 se prezintă un **a. de v.** cu frecare interioară; elementul inerţial primeşte mişcarea de la elementul primar prin elementul de cuplare, confecţionat din cauciuc.

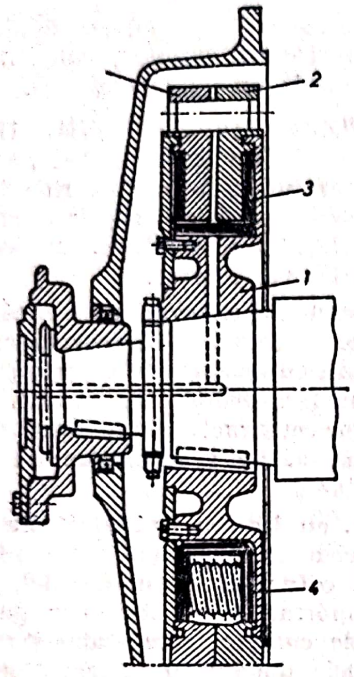


Fig. A.53. Amortizor de vibraţii cu frecare exterioară: *1* — element primar; *2* — element inerţial; *3* — element de cuplare; *4* — arcuri elicoidale.

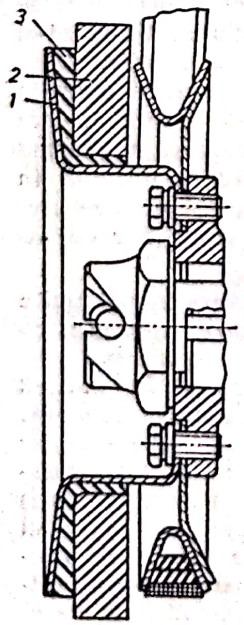


Fig. A.54. Amortizor de vibraţii cu frecare interioară.

Fig. A.55. Amortizor de vibraţii cu mase libere şi frecare vîscoasă.

A. de v. dinamice cu mase libere şi frecare viscoasă funcţionează pe principiul absorbţiei energiei de oscilaţie de către un ulei cu viscozitate mare (ulei siliconic). Aceste **a. de v.** au o răspîndire mare, datorită eficienţei şi durabilităţii ridicate. În fig. A.55 se prezintă un **a. de v.** cu frecare vîscoasă. Volantul *2* sau elementul inerţial este introdus în carcasa *1* (elementul primar), care se fixează pe arbore cu un joc minim. Spaţiul dintre carcasă şi elementul inerţial se umple cu ulei siliconic. Mişcarea relativă dintre carcasă şi disc este frînată de forţele de frecare viscoasă.

În general, motoarele cu ardere internă folosesc un singur **a. de v.** În cazuri speciale (spaţiu limitat), se poate utiliza şi un **a.** dublu, care se compune din două **a. de v.** mai mici. Alegerea **a. de v.** siliconice se face, ţinînd seama de mărimea elementului inerţial, de jocul dintre acesta şi carcasă şi de viscozitatea uleiului siliconic întrebuinţat. Mărimea elementului inerţional se determină în funcţie de coeficientul de mărime relativă a **a. de v.**, $\mu = J/J_{ef}$ unde: J este momentul de inerţie al elementului inerţional; J_{ef} — momentul de inerţie efectiv al întregului sistem care vibrează; $\mu = 0{,}2-0{,}4$ (peste 0,5, mărimea **a. de v.** influenţează foarte puţin valoarea amplitudinilor oscilaţiilor de torsiune). *Dimensiunile elementului inerţial* rezultă din date statistice:

$D_e = (1{,}6-2{,}3)s$ — diametrul exterior al elementului inerţial;

$D_i = (0{,}95-1{,}5)s$ — diametrul interior al elementului inerţial;

$h = (0{,}15-0{,}28)s$ — grosimea elementului inerţial,

unde s este cursa pistonului.

La construirea **a. de v.** trebuie avut în vedere ca elementul inerţial să nu se gripeze la contactul cu pereţii carcasei din cauza capacităţii reduse de curgere a uleiului siliconic, iar carcasa să fie uşoară, dar destul de rigidă, pentru a nu se deforma în timpul fabricaţiei şi montajului. Închiderea carcasei cu capacul frontal se poate face prin lipire, sudare sau sertizare. Manipularea şi montarea **a. de v.** siliconic trebuie să se efectueze cu mare atenţie, deoarece din cauza jocurilor mici orice deformare a carcasei poate modifica proprietăţile **a. de v.** şi influenţa durabilitatea motorului.

AMORTIZOR DE ZGOMOT (Sin.: **Atenuator de zgomot**). Organ fix, amplasat pe conducta de evacuare sau admisie a motoarelor termice, avînd rolul de a diminua zgomotele produse la evacuarea gazelor sau la intrarea încărcăturii proaspete. Construcţia **a. de z.** se bazează pe reducerea energiei gazelor. Se utilizează următoarele tipuri de **a. de z.**: de rezistenţă, de rezonanţă şi de absorbţie.

Scanned with OKEN Scanner

A. de z. de rezistenţă se bazează pe introducerea unor rezistenţe gazodinamice în calea curentului de gaze, în vederea destinderii succesive a gazelor. **A.** de rezistenţă se execută dintr-o carcasă, în interiorul căreia se fixează mai multe discuri prevăzute cu orificii de secţiuni reduse, pentru laminarea curentului. Laminarea prin orificii înguste atenuează undele de presiune, dar creează rezistenţe gazodinamice ridicate, ceea ce reduce performanţele motorului.

A. de z. cu rezonanţă se bazează pe principiul reflectării repetate a undelor acustice între pereţii unei camere, ceea ce are ca efect disiparea energiei acustice sub formă de căldură, prin frecările interioare ale straturilor de gaze, precum şi prin frecările acestora cu pereţii camerei. Cel mai simplu **a.** de rezonanţă este *rezonatorul Helmholtz*, care este alcătuit dintr-o cameră de destindere, de volum V, cu pereţi rigizi (fig. A.56) şi un tub de legătură (gîtul rezonatorului). Frecvenţa de rezonanţă (faza rezonatorului) este:

$$f_{rez} = \frac{a}{2\pi}\sqrt{\frac{A_g}{l_g \cdot V}},$$

unde a este viteza sunetului; A_g — aria secţiunii transversale a gîtului; l_g — lungimea gîtului.

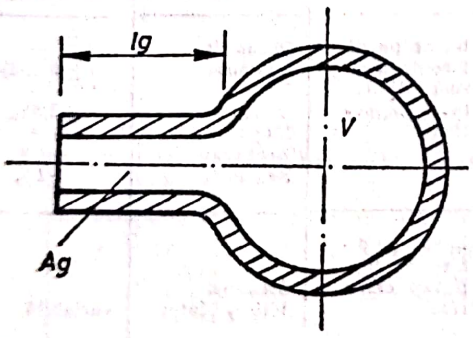


Fig. A.56. Amortizor de zgomot cu rezonanţă.

A. de z. de absorbţie se bazează pe principiul disipării energiei undelor acustice ale gazului, care se propagă printr-un tub al cărui pereţi sînt căptuşiţi cu material fonoabsorbant. Energia acustică este absorbită de tub fie prin frecare, fie prin celulele de aer din materialul fonoabsorbant. **A.** de absorbţie sînt utilizate, în special, pentru frecvenţele înalte.

Forma constructivă pentru **a. de z.** la colectoarele de evacuare ale motoarelor cu ardere internă este determinată de următorii factori: reducerea zgomotului, rezistenţă minimă la evacuare (excepţie fac motoarele în doi timpi, unde presiunea de evacuare trebuie menţinută în anumite limite), gabarit redus, instalare uşoară. În acest sens, s-au răspîndit mai mult **a.** de rezonanţă (cu sens unic şi cu sensuri opuse). Acestea se construiesc cu mai multe camere, de dimensiuni diferite. Camerele iniţiale amortizează zgomotele de bază, iar următoarele, zgomotele de înaltă frecvenţă. În fig. A.57 a este prezentat un **a. de z.** cu sens unic, de formă tronconică, iar în fig. A.57 b un **a. de z.** cu sensuri opuse.

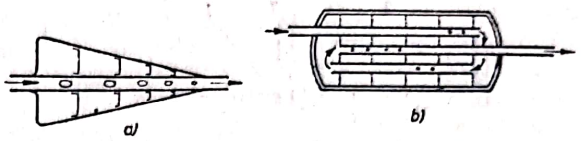


Fig. A.57. Amortizoare de zgomot cu absorbţie

În unele cazuri, se utilizează **a. de z.** *cu material fonoabsorbant* care prezintă eficienţă numai pentru frecvenţele înalte; pentru atenuarea zgomotelor de frecvenţă joasă se prevăd şi camere de rezonanţă la extremităţi (fig. A.58).

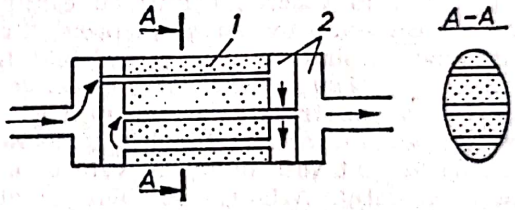


Fig. A.58. Amortizor de zgomot cu material fonoabsorbant:
1 — material fonoabsorbant; *2* — cameră de rezonanţă.

În fig. A.59 este prezentată construcţia **a. de z.** plasat pe traseul conductelor de evacuare pentru un motor de autoturism.

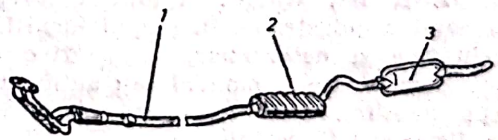


Fig. A.59. Amortizor de zgomot pentru un motor de autoturism:
1 — tubulatură de evacuare; *2* — amortizor pentru frecvenţe înalte; *3* — amortizor pentru frecvenţe joase.

Natura zgomotului la admisia încărcăturii proaspete este similară cu cea de evacuare, însă intensitatea sa este mult mai redusă, datorită amplitudinilor mai mici ale undelor de presiune. **A. de z.** pentru admisie sînt de tipul celor cu *rezonanţă* sau *combinate* (**a.** de rezonanţă şi **a.** de absorbţie). **A.** de rezistenţă nu se folosesc, deoarece afectează sensibil coeficientul de umplere. Zgomotul de admisie este de obicei atenuat de filtrul de aer. Din acest motiv, **a. de z.** pentru admisie se construiesc, în general, combinate cu filtrul de

aer. În fig. A.60 este prezentat un **a. de z.** pentru admisie, compus dintr-un tub de atenuare prin disipare, plasat înaintea elementului filtrului și dintr-o cameră de rezonanță pentru o gamă mai largă de frecvențe, constituită din carcasa filtrului.

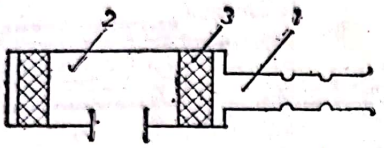


Fig. A.60. Amortizor de zgomot pentru sistemul de admisie al unui motor de ardere internă: 1 — tub de atenuare a zgomotului; 2 — cameră de rezonanță; 3 — element filtrant.

Materialele pentru **a. de z.** trebuie să fie rezistente la coroziune și să aibă un cost redus. Se utilizează, în general, oțeluri cu conținut mediu de carbon, care au și prelucrabilitate satisfăcătoare (rulare la rece și sudabilitate). Suprafețele interioare și exterioare ale **a. de z.** se protejează împotriva coroziunii prin galvanizare sau aluminizare. Materialele fonoabsorbante folosite sînt vata de sticlă, vata de aluminiu și azbestul. Azbestul se folosește atît ca material fonoabsorbant, cît și pentru reducerea transferului de căldură către exterior. Pereții interiori ai **a. de z.** se execută din tablă de oțel prelucrată prin ștanțare, rulare sau sudare. Carcasele exterioare se execută prin rulare sau, în cazul cînd au forme ovale, prin ambutisare. Plăcile de închidere și separare se ștanțează. **A. de z.** este, apoi, asamblat prin presarea plăcilor despărțitoare pe tuburi.

ANALIZOR DE GAZE. Aparat destinat analizei gazelor industriale, în scopul identificării calitative și determinării cantitative a constituenților. Poate fi manual sau automat, bazat pe folosirea unor fenomene electrice, chimice, fizice sau fizico-chimice.

Prima operație din cadrul analizei gazelor o constituie prelevarea probei cu ajutorul unor sonde, răcite sau nerăcite, în funcție de temperatura gazelor supuse analizei. Materialul din care este executată sonda nu trebuie să intre în reacție cu nici unul din componenții gazelor prelevate. Uneori, este nevoie ca gazele să fie filtrate, în scopul înlăturării suspensiilor solide care ar putea deranja funcționarea **a. de g.** Pentru aceasta, se pot folosi elemente filtrante de diferite tipuri (cartuș poros, cartuș fibros, cu bile, cu membrană, cu lamele etc.), așezate cît mai aproape de sonda de prelevare, în zona la care gazele au o temperatură mai ridicată decît punctul de rouă. Apa conținută în gaze trebuie și ea separată fie printr-un condensator-separator, fie printr-un element higroadsorbant. După prelevare și filtrare, gazele sînt introduse în **a. de g.** propriu-zis, care din punct de vedere al principiului de funcționare se poate încadra în clasificarea prezentată în tabelul A.10.

Tabelul A.10

Clasificarea analizoarelor de gaze

Principiul de funcționare	Exemple de realizare	Precizie maximă
1. CHIMIC a) portativ	Orsat Biuretă Bunte Fyrite	± 0,2% 1 %
b) automat	Otic Alba Yard-Brun	± 0,5%
2. FIZIC a) bazat pe diferențe de densitate	Romarex	(±1 ... ±1,5)%
b) bazat pe diferențe de densitate și viscozitate	Unograohe Union	—
c) bazat pe diferențe de susceptibilitate magnetică	Permolit Magnos Kent Oxymat Hays Beckman Semacox	— (±2 ... 3)% — ±2,5% — ±1% ±2%
d) bazat pe diferențe de puteri calorice	Siemens Bailey Meter	variabilă
e) bazat pe coductivitate termică	Engelhard Hayes Hartmann & Braun	variabilă
f) bazat pe absorbția razelor infraroșii	Inframetru Infrared Infralit	±2%
3. FIZICO-CHIMIC (inclusiv cromatografia în fază gazoasă	Termoflux H & B Ionoflux H & B Pekins Elmer Beckman	(±0,25 ... 1)%

A. de g. chimice portative sînt cele mai cunoscute și mai utilizate; cel mai obișnuit aparat de această categorie fiind *analizorul Orsat*. Acesta poate fi realizat în două variante: una

folosită pentru controlul arderii, permiţînd analiza CO_2, O_2 şi CO şi a doua, mai completă, permiţînd analiza CO_2, hidrocarburilor gazoase, O_2, CO şi H_2. *Aparatul Orsat simplu* (fig. A.61)

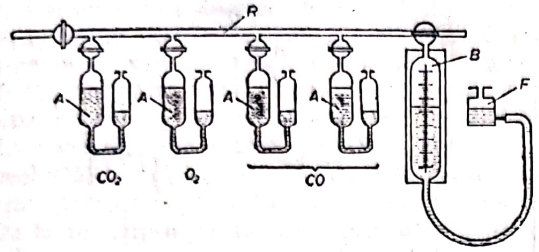


Fig. A.61. Analizor de gaze ORSAT simplu.

cuprinde o rampă de sticlă (*R*), trei baloane de absorbţie (*A*) şi o biuretă de măsură (*B*) cu cămaşă de apă, legată la un flacon-pompă (*F*), printr-un tub de cauciuc. Baloanele de absorbţie conţin substanţe care reacţionează cu gazele prelevate. Astfel, pentru absorbţia CO_2 se folosesc soluţii de NaOH sau KOH, pentru O_2 se utilizează pirogalol sau hiposulfit, iar pentru CO este convenabilă o soluţie de clorură cuprică amoniacală, acidă sau neutră, sau betanaftol. În tabelul A.11 se dau, orientativ, cîteva reţete de reactivi. În scopul înlăturării posibilităţii pătrunderii gazelor străine, se foloseşte, ca lichid de închidere, apa acidulată slab cu acid clorhidric şi colorată cu cîteva picături de metiloranj sau o soluţie saturată de clorură de calciu ($CaCl_2$), uşor acidulată cu HCl şi colorată cu metiloranj. Aparatul se foloseşte în felul următor: prin manevrarea flaconului *F* şi a robinetelor, în biureta *B* se introduce un volum cunoscut de gaze (de obicei 100 cm^3), apoi proba este trecută succesiv în baloanele de absorbţie în ordinea CO_2, O_2, CO, mărindu-se de fiecare dată volumul gazului rămas în biuretă după absorbţie. Ordinea de separare a fiecărui component al amestecului gazos nu este întîmplătoare, deoarece unii reactivi pot absorbi două sau mai multe gaze, iar rezultatele obţinute nu ar fi corecte. Pentru fiecare balon în parte, absorbţia componentului gazos se consideră terminată, dacă, repetînd operaţia de deplasare a gazului între balon şi biuretă şi înapoi, se obţine aceeaşi valoare pentru volumul aborbit. În privinţa CO, absorbţia completă este foarte dificilă, deoarece, după un număr de analize, se stabileşte un echilibru între CO absorbit şi CO care rămîne de absorbit; de aceea, este nevoie de un al doilea sau, şi mai bine, de un al treilea balon cu reactiv pentru a se asigura o absorbţie completă.

Tabelul A.11

Reţele orientative pentru aparatul Orsat

Felul reţetei	Gazul absorbant	Modul de realizare a substanţei absorbante
I	CO_2	20—35 g de KOH în 100 ml apă distilată
	O_2	28 g pirogalol în 50 ml apă distilată fierbinte; după răcire se adaugă 130 ml soluţie 33% KOH în apă distilată
II	CO_2	320 g KOH în 1 000 ml apă distilată
	O_2	120 g hidrat de potasiu în 80 ml apă; se adaugă 5 g pirogalol în 15 ml apă caldă
III	CO_2	200 g Na OH în 1 000 ml apă distilată
	O_2	150 ml apă distilată cu 30 g hidrat de sodiu sau 50 g hidrat de potasiu; se adaugă o soluţie de 10 g pirogalol în 50 ml apă distilată.
	CO	200 g $CuCl_2$ şi 250 g NH_4 Cl dizolvate în 750 ml apă distilată; la trei părţi din soluţie se adaugă o parte de soluţie 52% NH_4OH

Analizorul Orsat complet (fig. A.62) conţine, în afara baloanelor existente la aparatul simplu, o serie de elemente suplimentare, în scopul absorbţiei şi a altor componente gazoase. Astfel, pentru absorbţia hidrocarburilor nesaturate (C_hH_m) se foloseşte un balon care conţine acid sulfuric fumant la care s-a adăugat 1% sulfat de argint sau 1% acid vanadic. În schimb, reţinerea hidrogenului şi a metanului se face prin combustie fie într-o biuretă endiometrică (*E*), fie într-o cameră de combustie cu încălzire electrică. În biureta endiometrică, cele două componente ard simultan, în timp ce în camera de combustie este posibil ca H_2 să fie ars primul (la 280—300°C), iar ulterior, CH_4 (la 800°C). Indiferent de complexitatea analizorului Orsat, baloanele de absorbţie trebuie să permită realizarea unei suprafeţe de contact cu reactivul cît mai mare şi, implicit, un timp de reacţie

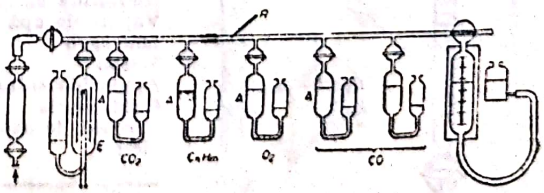


Fig. A.62. Analizor de gaze ORSAT complet

cît mai mic. Pentru aceasta, substanţa este barbotată de către proba de gaz, iar suprafaţa este extinsă, de exemplu, cu ajutorul unor tuburi de sticlă (fig. A.63).

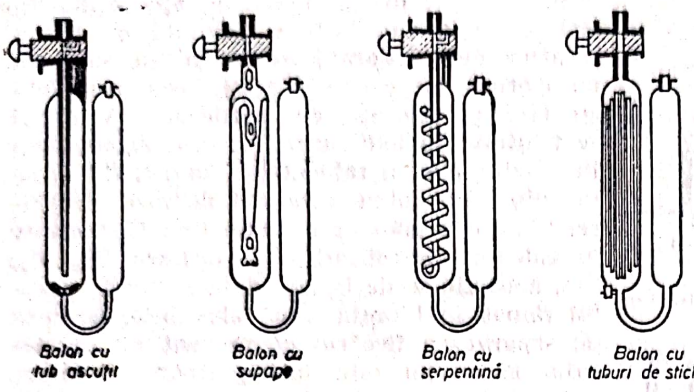


Fig. A.63. Analizor ORSAT cu suprafaţă activă extinsă.

În afara analizorului Orsat, restul **a. de g.** chimice manuale realizează determinarea conţinutului unui singur component gazos, esenţial pentru urmărirea unui proces de fabricaţie. De exemplu, *biureta Bunte* este alcătuită dintr-un vas gradat în care este introdus eşantionul de gaz prelevat (fig. A.64). Reactivul este introdus într-un mic rezervor, situat la partea superioară a biuretei şi este pus în contact cu gazul printr-un robinet cu trei căi. În urma reacţiei, rezultă o contracţie a volumului gazului, numărul de cm^3 de reactiv din biuretă corespunzînd volumului de constituent absorbit. Folosind soluţie de pirogalol sau hidroxid de potasiu, biureta permite determinarea conţinutului de oxigen, respectiv de bioxid de carbon.

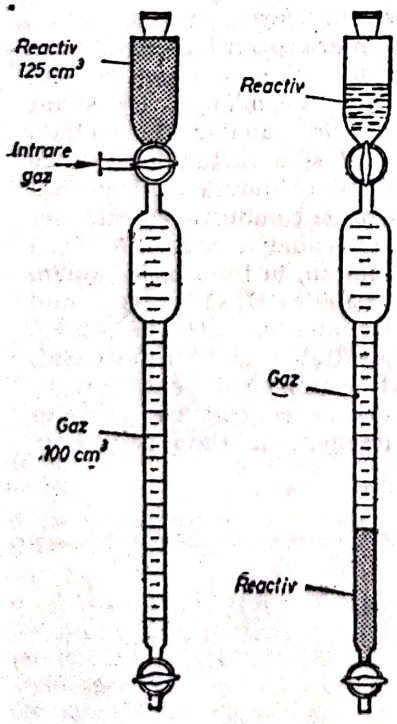


Fig. A.64. Biuretă Bunte

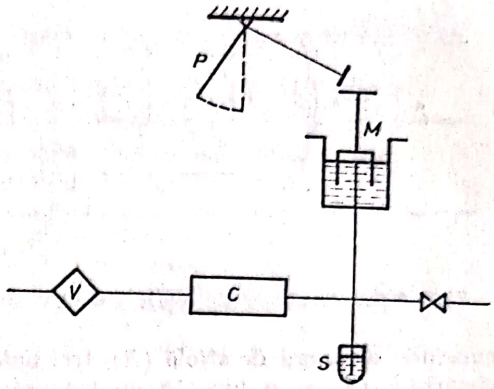


Fig. A.65. Principiul de funcţionare al unui analizor automat de oxigen.

În categoria **a. de g.** chimice se găsesc şi *aparate automate* care asigură analiza continuă a componentelor gazoase. Schema funcţională a unui astfel de aparat analizor de O_2 este dată în fig. A.65. Volumul de gaz (V) aspirat la intervale regulate este măsurat şi condus la o cameră de combustie (C) unde ajută la arderea unei cantităţi de H_2, producînd apă. Apa este separată automat în vasul S, iar gazul rezultat trece sub clopotul de măsură M. Acesta se ridică, iar cursa sa este transferată peniţei înregistratoare P. Analog, se pot construi aparate şi pentru alţi componenţi în stare gazoasă (CO_2, CO, H_2).

A. de g. fizice folosesc diferenţele dintre proprietăţile fizice ale gazelor, acestea fiind separate şi apoi măsurate. Proprietăţile folosite sînt indicate în tabelul A.12.

Tabelul A.12

Proprietăţi fizice ale gazelor

Natura gazelor	Simbol chimic	Densitate (în raport cu aerul ×100)	Viscozitate (în raport cu aerul ×100)	Conductivitate termică (în raport cu aerul ×100)	Susceptibilitate magnetică +/− în raport cu oxigenul* (×100)
Aer	—	100	100	100	+ 21,6
Oxigen	O	110,5	108	103	+100
Azot	N	97	95	100	− 0,42
Oxid de carbon	CO	97	95	101	− 0,21
Anhidridă carbonică	CO_2	153	80	69	− 0,61
Vapori de apă la 0°C	—	62	52	130	—
Hidrogen	H_2	6,95	48	738	− 0,12
Metan	CH_4	55,5	60	135	− 0,37
Anhidridă sulfuroasă	SO_2	225	70	39	− 0,05
Oxid azotic	NOH	—	—	93	+ 43,8
Peroxid de azot	NO	—	—	65	+ 6,2
Heliu	He	—	—	620	—

* Gazele paramagnetice sînt precedate de semnul plus, iar gazele diamagnetice, de semnul minus.

A. de g. fizice bazate pe diferenţa de densitate sînt în realitate niște densimetre, forţa de gravitaţie fiind înlocuită de forţe centrifuge. Unul dintre aceste **a. de g.** este compus din două camere circulare separate: prima comunică cu conducta de gaz, a doua, cu aerul ambiant. Fiecare cameră conţine două roţi cu pale în opoziţie. Roţile motrice sînt antrenate de un motor mic, ele învîrtindu-se cu aceeaşi viteză, dar în sens opus. În acest fel, una aspiră gazul de analizat, iar cealaltă, gazul ambiant. Gazul şi aerul aspirat sînt proiectate asupra roţilor opuse, inducîndu-le un cuplu de rotaţie, care este funcţie de viteza şi densitatea gazului proiectat. Cele două cupluri de rotaţie sînt opuse din punct de vedere mecanic şi rezultanta lor este indicată pe cadranul aparatului.

A. de g. fizice bazate pe diferenţa de viscozitate (fig. A.66) folosesc proprietatea unui debit de gaz, care parcurge un tub capilar, de a fi o funcţie de viscozitate. De aceea, se aspiră aer şi gaz cu aceeaşi depresiune prin două ramuri capilare şi prin cîte o diafragmă plasată în serie. Să presupunem că dorim să determinăm dozajul de CO_2, care avînd o viscozitate mult mai mică şi o densitate mai mare faţă de aer, face ca rezistenţa de curgere să fie mai mică în tubul capilar şi mai mare în diafragmă. Cu ajutorul unui manometru diferenţial sensibil se poate măsura diferenţa de presiune în amonte de diafragmă, care este funcţie de conţinutul de CO_2 din gaz.

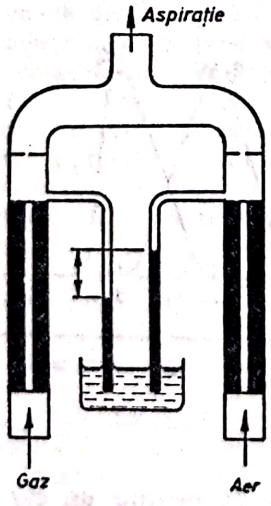


Fig. A.66. Analizor fizic, bazat pe diferenţa de viscozitate.

A. de g. fizice bazate pe diferenţa de susceptibilitate magnetică folosesc proprietăţile magnetice ale gazelor. Se reaminteşte că, gazele paramagnetice au permeabilitatea magnetică μ supraunitară ($\mu > 1$) şi susceptibilitatea x pozitivă ($x = \mu - 1 > 0$), în schimb la cele diamagnetice $\mu < 1$, iar $x < 0$. Pe de altă parte, la gazele diamagnetice cîmpul indus nu variază cu temperatura, adică susceptibilitatea scade cu temperatura. Această diminuare a susceptibilităţii magnetice stă la baza fenomenului numit *vînt magnetic*, fenomen care poate servi la măsurarea cantităţii de oxigen prezentă în gaz. De aceea, un asemenea analizor, detector de O_2 (fig. A.67), conţine două camere, într-un bloc de măsură, în care sînt montate rezistenţe încălzite electric. Rezistenţele formează o punte Wheatstone. Prin camere trece proba de gaz care trebuie analizat. Gazul din una din camere intră în cîmpul unui magnet (M), iar oxigenul curge spre această cameră, datorită proprietăţilor sale paramagnetice şi răceşte rezistenţa. Aceasta îşi modifică valoarea şi dezechilibrează puntea. Galvanometrul care sesizează mărimea dezechilibrului poate fi etalonat direct în procente de O_2.

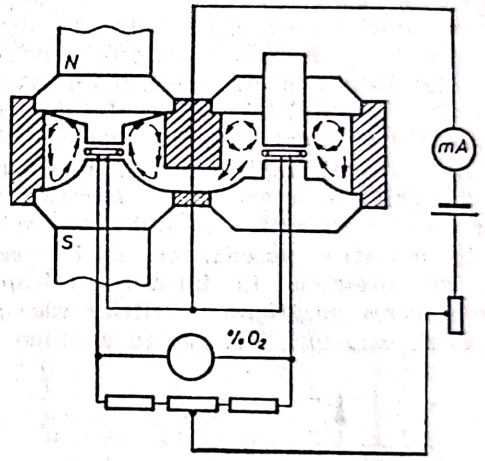


Fig. A.67. Analizor-detector de oxigen.

A. de g. fizice bazate pe conductivitatea termică folosesc, de obicei, dezechilibrarea unei punţi electrice aflată cu ramurile în gaze diferite, care disipează căldura produsă prin *efectul Joule-Lenz*. De exemplu, 4 fire de platină (A, B, C, D în fig. A.68),

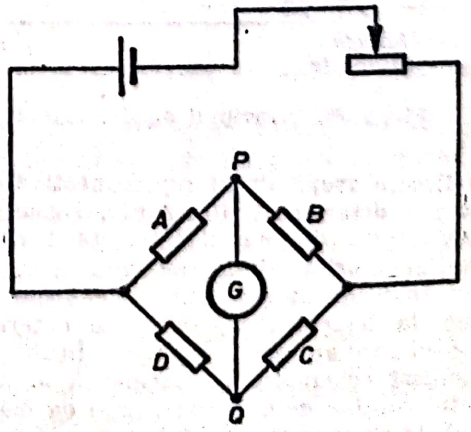


Fig. A.68. Analizor fizic cu punte Wheatstone.

cu caracteristici electrice și termice identice, formează o punte Wheatstone simplă. Inițial, între punctele P și Q nu există diferență de potențial, deci prin galvanometrul G nu trece nici un curent. Dacă se introduc gaze de conductivitate termică diferită (de exemplu, aer în două celule, conținînd firele B și D și un amestec de aer și CO_2, în celelalte două celule care conțin firele A și C), firele B și D pierd mai multă căldură, deoarece conductivitatea termică a aerului este mai mare decît cea a CO_2. Diferența de temperatură care rezultă și, prin urmare, diferența de rezistență electrică a firelor va dezechilibra puntea și va provoca o mișcare a acului galvanometrului, care poate fi etalonat direct în procente de CO_2 sau de alt gaz care trebuie analizat.

O altă caracteristică a gazelor, utilizabilă în scopul analizei lor o reprezintă puterea lor calorifică. Într-un **a. de g. fizic bazat pe puterea calorifică** și care folosește această caracteristică, gazul este pus în contact cu un fir încălzit electric, provocîndu-se o combustie catalitică de joasă temperatură a produșilor combustibili. Procentajul acestor componente este dat prin măsurarea creșterii rezistenței firului, fapt sesizabil, de exemplu, prin dezechilibrarea unei punți electrice.

Cercetările au arătat că diverse gaze folosite în industrie posedă, cu mici excepții, benzi de adsorbție în infraroșu. Grupările de benzi corespunzătoare diferitelor gaze sînt, în general, caracteristice, pentru a putea con-

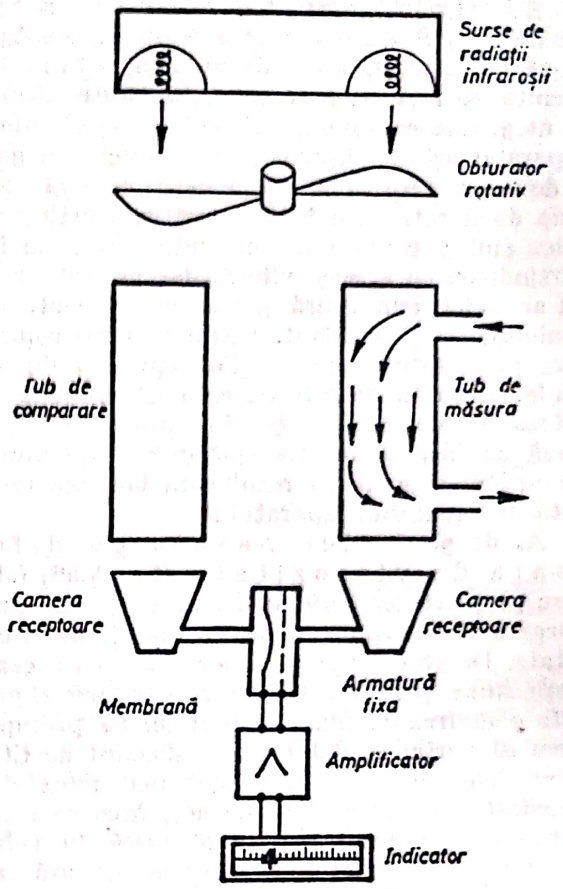


Fig. A.70. Schema de funcționare a unui analizor de gaze prin absorbție.

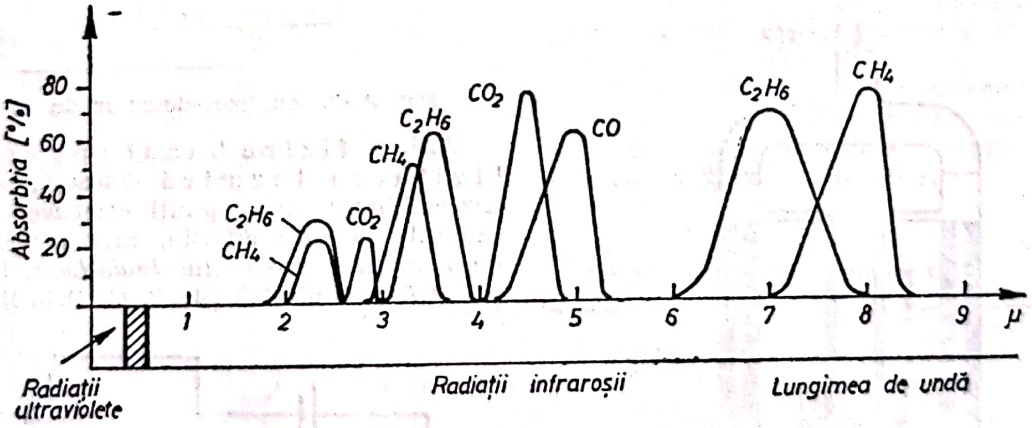


Fig. A.69. Principiul de determinare a compoziției gazelor prin absorbție în infraroșu.

sidera fiecare grupă drept reprezentativă pentru un gaz determinat (fig. A.69). Rezultă că prin măsurarea diminuării intensității razelor infraroșii, datorită absorbției unui gaz care trebuie analizat cu ajutorul unor dispozitive sensibile la temperatură, se poate determina conținutul unui anumit component. În fig. A.70 este indicat schematic un asemenea **a. de g.** Aparatul conține două tuburi: unul de măsură și altul de comparație. În tubul de măsură se introduce eșantionul de analizat, iar în tubul de comparație se menține un gaz care nu absoarbe radiațiile infraroșii, de exemplu, azot. În partea inferioară, se găsesc două camere receptoare separate printr-o membrană. La început, în ambele camere se găsește un gaz de aceeași compoziție și același volum, care se află la aceeași presiune. Primind radiații de intensități diferite, gazul în camere se dilată diferit, provocînd deformarea membranei. Această deformare modifică capacitatea electrică a unui condensator a cărui armătură mobilă este ata-

șată la membrană. Pentru a evita influențele parazite, razele infraroșii sînt întrerupte periodic printr-un obturator rotativ. În felul acesta, variațiile periodice ale capacității condensatorului dau, ca efect măsurabil, o tensiune alternativă, care depinde direct de radiațiile primite periodic. Această tensiune este amplificată și servește la indicarea, înregistrarea sau reglarea concentrației gazului de analizat.

A. de g. fizico-chimice folosesc efectele fizice ale unor reacții chimice care au loc între componenții unui amestec gazos și substanțe adecvate (ex.: efectul de absorbție termică a unor reacții endoterme, variația conductivității electrice sau termice în momentul în care un lichid absoarbe un gaz etc.).

A. de g. cromatografice de fază gazoasă se bazează pe faptul, că diverșii constituenți ai unui amestec de gaze sînt mai mult sau mai puțin frînați în timpul traversării unei coloane de substanță absorbantă.

ANALOGIE. Relație de asemănare între două sisteme între ale căror elemente corespondente există legături (stabilite prin expresii matematice) de aceeași formă. **A.** poate fi *totală* sau *parțială*, după cum relațiile de egalitate există între toate elementele sistemelor sau numai între anumite elemente componente ale acestora. Legile asemănătoare ca formă, dar diferite ca mărimi din diverse domenii ale științei, determină clase de fenomene analoage. Condițiile de unicitate asemănătoare pentru elementele din aceeași clasă pot conduce la un grup de fenomene analoage, dar în acest caz parametrii corespunzători trebuie să urmeze condițiile de similitudine. Prin urmare, legile **a.** cuprind în totalitate legile similitudinii.

A. este și o metodă de cercetare a unui sistem, care este în relație de analogie cu un alt sistem, pe baza informațiilor și cunoștințelor din al doilea sistem, care se pot obține mai ușor. Sistemul de cercetat este așa-numitul *sistem primar*, iar cel în care se fac măsurătorile pentru obținerea informațiilor se numește *sistem analog*. Problemele tehnice legate de procesele termice, în general, greu de rezolvat analitic, pot fi ușor studiate prin analogie electrică, hidraulică etc. Se poate arăta că, ecuațiile diferențiale care caracterizează transmisia căldurii sînt identice cu cele din domeniul electric, iar semnificația mărimilor variabile sau constante din aceste ecuații depind de particularitățile fizice ale celor două clase de fenomene. Pentru exemplificare, considerăm o bară izolată în care căldura se transmite prin conducție în direcția x (fig. A.71). Ecuația diferențială a procesului conductiv de căldură este:

$$\lambda \frac{\partial^2 t}{\partial x^2} = c_p \rho \frac{\partial t}{\partial \tau}$$

unde: λ reprezintă conductivitatea termică a barei [W/m·K]; t — temperatura [grd]; x — coordonata în lungul căreia are loc transferul de căldură [m]; c_p — căldura specifică [J/kg·K]; ρ — densitatea [kg/m³]; τ — timpul [s]. Se consideră că fig. A.71 reprezintă un cablu electric neinductiv, pentru care ecuația diferențială se scrie:

$$\frac{1}{\rho_e} \cdot \frac{\partial^2 e}{\partial x^2} = c_e \frac{\partial e}{\partial \tau},$$

în care: ρ_e este rezistivitatea electrică a materialului; e — tensiunea electrică; c_e — capacitatea electrică. Compararea celor două ecuații arată că ele sînt identice din punct de vedere structural și, deci, putem folosi cablul electric ca sistem analog pentru bară (sistem primar). Deoarece este incomod să căutăm cablul potrivit pentru fiecare caz, se poate apela la metoda concentrării parametrilor, larg folosită în inginéria electrică. După cum arată liniile punctate din fig. A.71, bara este divizată în n (n=6 în figură) segmente, iar proprietățile electrice ale cablului se consideră concentrate în centrul fiecărui segment. Rezultă circuitul din fig. A.72, în care pentru fiecare segment corespunde un grup RC.

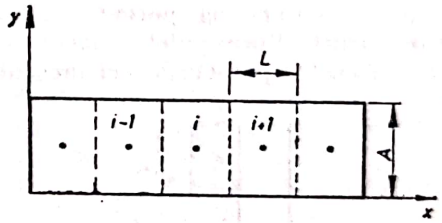


Fig. A.71. Transfer de căldură prin conducție într-o bară izolată.

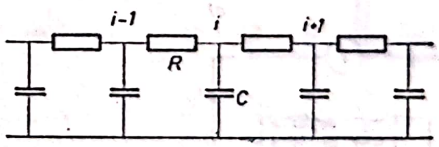


Fig. A.72. Schemă de analogie electrică.

Se deduc următoarele etape în cercetarea sistemului primar: 1) stabilirea sistemului analog pe baza similarității (identității) ecuațiilor; 2) înlocuirea sistemului continuu printr-un sistem cu parametri concentrați; 3) efectuarea de măsurători; 4) interpretarea rezultatelor și aplicarea lor în sistemul primar.

Metodele de a. electrică utilizate pentru rezolvarea problemelor de transmisie a căldurii sînt de trei tipuri: geometrice, de rețea și metode combinate.

Metodele de a. geometrică pot fi utilizate numai pentru rezolvarea proble-

Scanned with OKEN Scanner

melor în regim staţionar. Există o mare varietate de metode, dar numai două au o utilizare mai largă: cu recipient de modelare şi cu folie conductoare.

Modelarea geometrică cu recipient presupune că recipientul trebuie să aibă forma sistemului primar. Peretele trebuie făcut dintr-un material electric izolator, chimic neutru şi impermeabil pentru lichidul din recipient. Pereţii recipientului se căptuşesc cu electrozi potriviţi pentru reprezentarea condiţiilor la limită. Recipientul se umple cu un lichid electrolitic, pe electrozi aplicîndu-se tensiuni electrice proporţionale cu temperaturile de pe frontiera sistemului primar; se măsoară potenţialul electric în diferite locuri din recipient. Distribuţia acestui potenţial este proporţională cu distribuţia de temperatură din sistemul primar, iar intensitatea curentului este proporţională cu fluxul de căldură transmis.

Modelarea geometrică cu folie conductoare se utilizează la problemele bidimensionale, deoarece se poate uşor realiza forma sistemului primar, decupînd modelul la scară. Folia este caracterizată de o anumită rezistenţă electrică specifică. În principal, se procedează la fel ca în cazul anterior: marginile foliei se alimentează cu tensiuni proporţionale cu condiţiile la limită ale sistemului primar şi, cu ajutorul unei sonde, se determină potenţialul electric în diferite locuri. Potenţialele măsurate sînt proporţionale cu temperaturile necunoscute din sistemul primar Pentru exemplificare, se prezintă în fig. A.73 a. electrică prin care se poate determina cîmpul de temperaturi prin peretele izolat al unei clădiri cu formă dreptunghiulară, folosind folie conductoare. Conductivitatea mai redusă a izolaţiei se modelează prin decupaje dreptunghiulare, prevăzute pe marginile interioare ale foliei. Conductanţa de la perete la mediul ambiant este modelată printr-o fişie suplimentară de folie conductoare. În fig. A.74 este prezentată distribuţia de potenţial măsurată cu o sondă pe modelul analog arătat şi care, printr-un factor de scară convenabil, se poate transpune cîmpului de temperatură din sistemul primar (colţul clădirii).

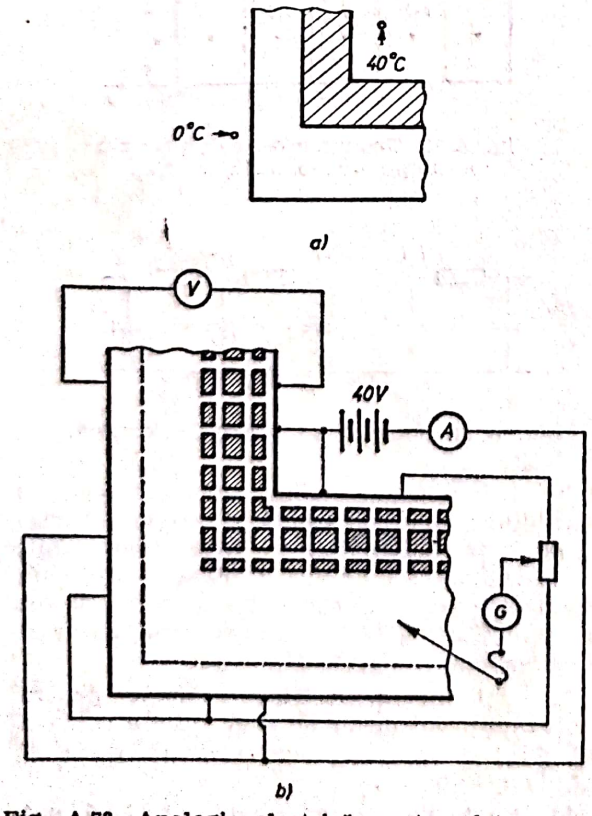


Fig. A.73. Analogie electrică pentru determinarea unui cîmp de temperaturi.

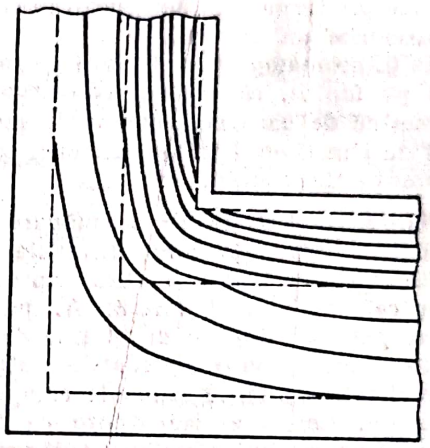


Fig. A.74. Distribuţia de potenţial pe modelul din fig. A.73.

Metoda electrică de reţea pentru rezolvarea problemelor termice prin analogie electrică se bazează pe modelarea sistemului primar printr-o reţea de celule *R-C*, fiecare celulă corespunzînd unor elemente de sistem cu parametrii concentraţi în centrul geometric al acestora. Celulele *R-C* pot fi de

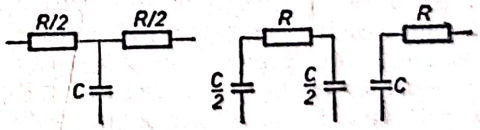


Fig. A.75. Celule *R—C* utilizate în metoda electrică de reţea

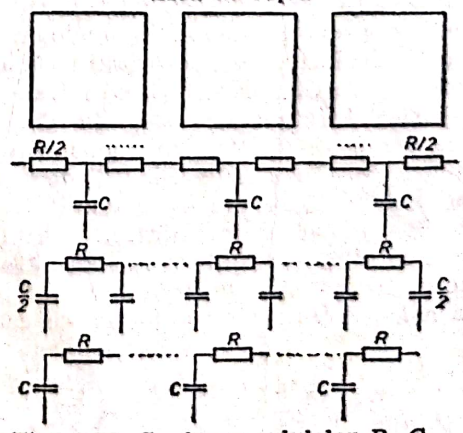


Fig. A.76. Cuplarea celulelor *R—C*.

Scanned with OKEN Scanner

tipul arătat în fig. A.75 și se pot cupla, ca în fig. A.77, pentru modelare.

Metoda cu rețea de modelare permite realizarea unui sistem analog cu cel primar, indiferent de forma lui (mono-, bi- sau tridimensională); cu ajutorul ei se poate studia și comportarea sistemului în regim tranzitoriu, prin înregistrarea variației în timp a parametrilor electrici din rețea și transformarea lor în parametri termici, prin aplicarea factorilor de scară. De exemplu, pentru a studia comportarea unui schimbător de căldură de suprafață, se poate construi un model electric analog. Se scriu ecuațiile sistemului primar, adică a schimbătorului de căldură cu referire la un element de volum de grosime Δx (fig. A.77):

$$Gc_{pc}\frac{dt_c}{dx_r}=kP(t_c-t_r);$$

$$G_rc_{pr}\frac{dt_r}{dx}=kP(t_c-t_r),$$

în care: G este debitul masic de fluid [kg/s]; c_p — căldura specifică [kJ/kg·K]; t — temperatura [°C]; k — coeficient global de transfer termic pe unitatea de lungime [W/m·K]; P — perimetrul încălzit [m], iar indicii c și r se referă la fluidul cald, respectiv la cel rece. În fig. A.78 se prezintă un model electric analog cu acest schimbător de căldură, cu următoarele ecuații descriptive:

$$C_c\frac{de_c}{d\tau}=\frac{1}{R}(e_c-e_r);$$

$$C_r\frac{de_r}{d\tau}=\frac{1}{R}(e_c-e_r).$$

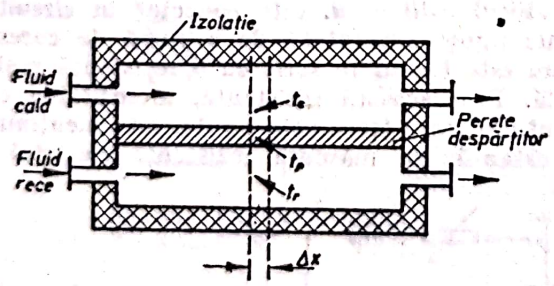


Fig. A.77. Modelare pentru un schimbător de căldură de suprafață.

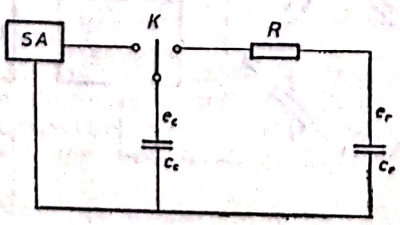


Fig. A.78. Modelul electric analog, corespunzător fig. A.77.

Comparînd aceste ecuații cu cele anterioare, observăm identitatea lor dacă: Gc_p corespunde capacității C, kP corespunde rezistenței R și Δx corespunde timpului τ. Studiul procesului începe prin condițiile inițiale ale ambelor fluide la același capăt al schimbătorului. Este convenabil să se folosească diferența dintre temperaturile de la intrare ca referință, astfel ca să reprezinte 100% din tensiunea sursei de alimentare SA. Acest lucru necesită preîncărcarea condensatorului C_c cu această tensiune. Calculul începe prin mutarea comutatorului K de la SA la R. Condensatorul C_r poate fi permanent conectat la R, deoarece el este inițial neîncărcat. Sarcina electrică trece de la C_c la C_r, modificîndu-se în timp tensiunile C_c și C_r. Măsurarea și înregistrarea lor permite trasarea distribuției de temperaturi ale fluidului pe lungimea schimbătorului de căldură.

Metodele combinate de a. e-lectrică. Se folosesc atît metodele geometrice, cît și cele de rețea, pentru a evita folosirea unui număr prea mare de celule R-C în cazul sistemelor tridimensionale. Deși conțin modele geometrice ale unor părți din sistem, prin cuplarea lor cu celule R-C, metodele combinate permit și rezolvarea problemelor termice de regim tranzitoriu. În electrolitul din recipientul de modelare geometrică se imersează conectori sferici la care se leagă condensatoare prin niște conductori izolați (fig. A.78). Borna negativă a tuturor condensatorilor se leagă la borna de același semn a sursei de alimentare (SA), iar la borna pozitivă a sursei se leagă electrozii din recipient (fig. A.79) pentru a asigura condițiile la limită necesare.

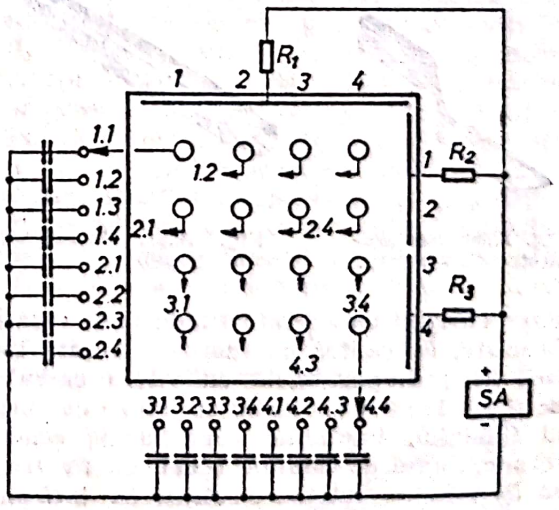


Fig. A.79. Modelare electrică în electrolit.

Există și alte tipuri de a. aplicabile în cazuri speciale de regimuri staționare sau tranzitorii. Importanța lor practică în rezolvarea problemelor inginerești de termotehnică este, însă, limitată. **A. hidraulică** este a. între procesele de transfer de căldură și curgerea flui-

delor viscoase în canale subțiri. Condițiile experimentale foarte pretențioase îngrădesc posibilitățile de calcul prin această metodă, ea fiind utilizată numai pentru studiul calitativ al proceselor termice.

A. cu membrană se bazează pe a. dintre deformarea unei membrane subțiri (ex.: spumă de săpun) și cîmpul de temperatură, într-un corp de aceeași formă cu conturul membranei.

ANEMOMETRU. Aparat de măsurare a vitezei de curgere a fluidelor (gaze, lichide) în conducte, spații libere sau incinte închise.

În raport cu principiul de măsură și natura fluidului, se utilizează următoarele tipuri: **a.** cu transmisie mecanică a impulsului, **a.** bazat pe principiul tubului Pitot sau al tubului Venturi, **a.** cu fir cald sau cu peliculă caldă și **a.** cu laser.

A. cu transmisie mecanică a impulsului este constituit dintr-o mică roată cu palete sau cupe și dintr-un mecanism porțional.

A. construit pe principiul tubului Pitot sau al tubului Venturi este constituit dintr-un tub racordat la un manometru diferențial, presiunea dinamică măsurată fiind proporțională cu energia cinetică, respectiv cu pătratul vitezei curentului de fluid.

A. cu fir cald sau cu peliculă caldă prezintă ca elemente sensibile un filament subțire, confecționat din platină, wolfram sau nichel, suspendat între doi suporți (fig. A.80), sau respectiv o peliculă metalică subțire, depusă pe un suport de cuarț (fig. A.81). Filamentul sau pelicula sînt încălzite electric, pentru compen-

Fig. A.80. Anemometru cu fir cald.

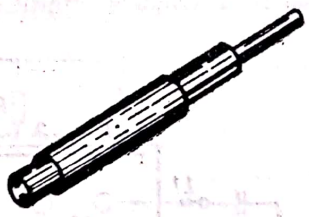


Fig. A.81. Anemometru cu peliculă caldă.

sarea energiei transferată fluidului în care sînt imersate, cantitatea de energie necesară încălzirii fiind proporțională cu viteza curentului de fluid. Pentru un regim staționar de curgere al fluidului, impunînd condiția de echilibru termic, fluxul de căldură cedat de fir trebuie să fie egal cu puterea electrică de încălzire a firului. Această putere poate fi exprimată în funcție de intensitatea curentului și rezistența electrică a firului (I^2R).

Din punctul de vedere al măsurătorilor cu ajutorul **a.**, este necesar să se exprime relația între viteza fluidului și puterea electrică necesară încălzirii firului. Pentru un **a.** cu fir cald sau cu peliculă caldă, imersat într-un fluid, la o anumită temperatură, considerînd direcția curgerii perpendiculară pe elementul sensibil, această relație are expresia:

$$\frac{R}{R-R_0} I^2 = A + Bw^n,$$

în care: R este rezistența electrică a elementului sensibil (fir sau peliculă) în timpul măsurătorilor; R_0 — rezistența electrică la temperatura ambiantă; I — intensitatea curentului care trece prin elementul sensibil; w — viteza curentului de fluid; A, B, n — constante.

Pentru măsurători care impun un grad ridicat de precizie, este necesar să fie pusă în evidență variația semnalului transmis de elementul sensibil în raport cu fluctuațiile vitezei curentului de fluid. În acest scop, se utilizează o relație care ține seama și de inerția termică a firului:

$$\frac{R}{R-R_0} I^2 = A + Bw^n + \frac{C}{R-R_0} \cdot \frac{dR}{dE},$$

în care C reprezintă capacitatea calorică modificată prin dilatarea termică a firului cald:

$$C = \frac{C_0}{\alpha R_0}\ ;\ C_0 = \rho c \frac{\pi d^2}{4} l,$$

unde: α este coeficientul de dilatare liniară al firului; ρ — greutatea specifică a materialului firului; d — diametrul firului; l — lungimea firului; c — căldura specifică a materialului firului.

Măsurarea vitezei curenților de gaze cu ajutorul **a.** cu fir cald se realizează practic prin două metode:

a) **A. cu intensitate constantă a curentului electric**, conform schemei din fig. A.82.

Firul cald al **a.** este conectat în circuitul unei punți alimentată de o sursă de curent, care este legată în serie cu o rezistență reglabilă. Prin această rezistență, intensitatea curentului, care trece prin punte, este menținută constantă. Se măsoară rezistența electrică a

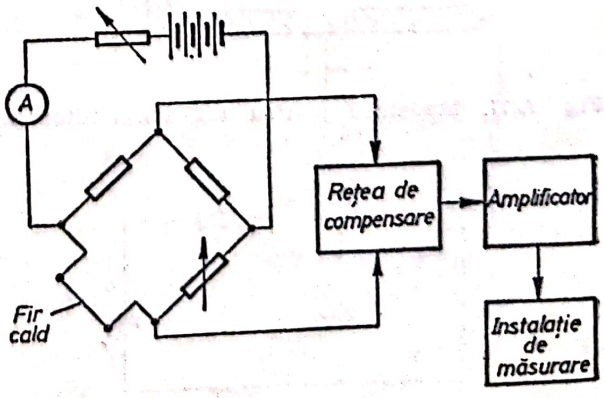


Fig. A.82. Anemometru cu fir cald, cu intensitate constantă a curentului electric.

Scanned with OKEN Scanner

firului cald, variabilă cu temperatura, variațiile de tensiune la bornele firului fiind amplificate și înregistrate pe ecranul unui osciloscop.

b) **A. cu temperatură constantă**, conform schemei din fig. A. 83.

Acest sistem de măsurare prezintă un avantaj important în raport cu primul, prin menținerea constantă a rezistenței firului, deci a temperaturii lui, înlăturînd astfel efectul inerției termice. Curentul de încălzire reprezintă măsura transferului de căldură între fir și curentul de gaze, deci măsura vitezei gazelor. Precizia mărită de măsurare și simplitatea schemei de funcționare, în raport cu primul sistem, au determinat răspîndirea pe scară largă a metodei de măsurare a vitezelor prin **a.** cu temperatură constantă.

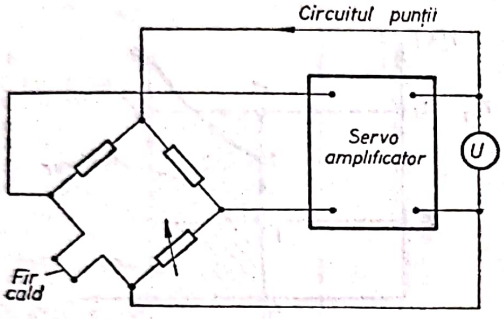


Fig. A.83. Anemometru cu fir cald și cu temperatură constantă.

Etalonarea **a.** se efectuează prin diferite metode. În fig. A.84 sînt prezentate patru scheme de etalonare a unui anemometru cu

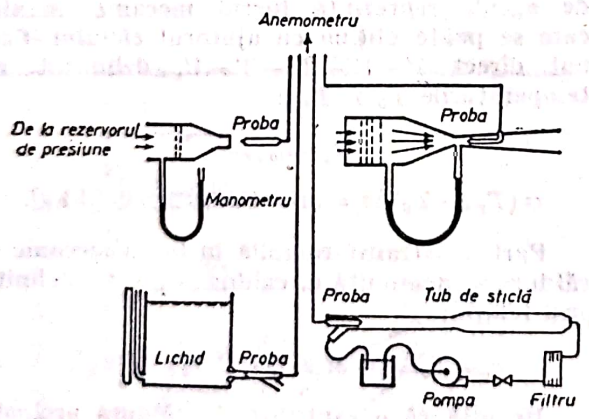


Fig. A.84. Scheme de etalonare pentru anemometre cu fir cald.

fir cald, iar în figurile A.85 și A.86 sînt reproduse curbele de etalonare pentru un **a.** cu fir cald și temperatură constantă, respectiv pentru un **a.** cu peliculă caldă și temperatură constantă, măsurînd viteza de curgere a unui curent de apă pentru două temperaturi ale lichidului.

Domeniul de utilizare al **a.** este foarte larg.

A. cu cupe și transmisie mecanică a semnalului se utilizează pentru măsurarea vitezei

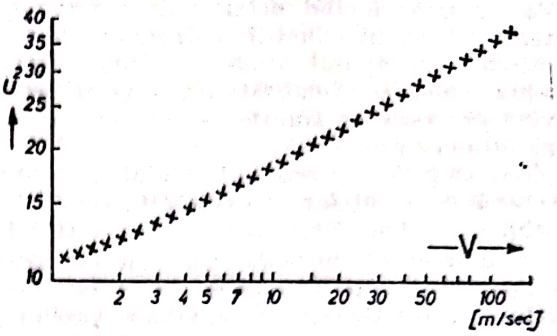


Fig. A.85. Curbă de etalonare pentru un anemometru cu fir cald și temperatură constantă.

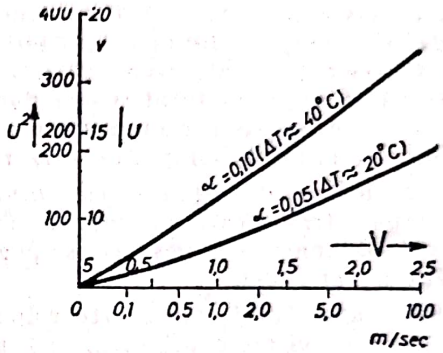


Fig. A.86. Curbă de etalonare pentru un anemometru cu peliculă caldă și temperatură constantă.

vîntului în meteorologie și a vitezei curenților de aer în instalațiile aerodinamice.

A. construite pe baza tubului Pitot sau a tubului Venturi sînt utilizate în aviație pentru măsurarea vitezei relative a avionului în raport cu aerul.

A. cu fir cald sînt destinate măsurării vitezelor instantanee ale particulelor mici de fluid, respectiv pentru determinarea microstructurii cîmpurilor de viteze ale gazelor. De asemenea, sînt utilizate pentru măsurători în gaze a căror viteze variază în limite foarte largi sau în lichide neconductibile avînd viteze mici. Unul din domeniile cele mai importante de utilizare a **a.** cu fir cald îl constituie studiul variațiilor rapide de viteză în cazul fluctuațiilor de temperatură. Pentru aceste determinări se utilizează traductori tripli (cu trei fire), care măsoară fluctuațiile de viteză în curgeri tridimensionale (fig. A.87). În acest

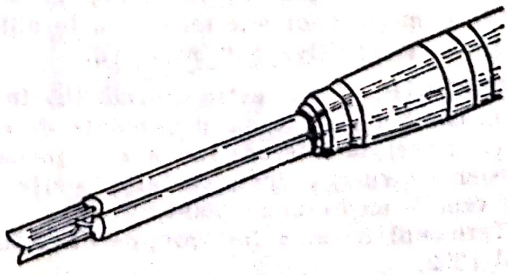


Fig. A.87. Anemometru cu fir cald pentru măsurarea distribuțiilor de viteze în curgeri tridimensionale

domeniu, se includ determinările privind viteza gazelor în cilindrii motoarelor cu ardere internă (în scopul studiilor asupra formării amestecului aer-combustibil), măsurători privind procesele de transfer de căldură în regim nestaţionar ş.a.

A. cu peliculă caldă sînt utilizate pentru măsurarea rezistenţelor de curgere în conducte de lichide, pentru determinări privind stabilirea caracteristicilor dispozitivelor hidraulice de acţionare şi reglaj, pentru măsurarea vitezei lichidelor conductibile şi a vitezei gazelor puternic poluante, care conţin particule de dimensiuni relativ mari.

A. cu laser este un aparat de măsurare a parametrilor curgerii fluidelor (viteze instantanee şi medii, fluctuaţiile vitezei, intensitatea turbulenţei ş.a.) cu ajutorul semnalelor optice emise de o sursă laser asupra unor particule microscopice aflate în cîmpul de curgere.

Astfel, măsurînd timpul cu care o particulă microscopică traversează un fascicul laser, pe o distanţă de lungime cunoscută, se poate obţine viteza particulei.

Precizia aparatului este foarte ridicată cu 1% în gama de viteze cuprinse între 1 mm/s—1 000 m/s, reprezentînd un vîrf al tehnicii actuale.

ANOMALIE TERMICĂ. Abatere a temperaturii de la o regulă, de la o normă sau de la o lege presupusă a fi satisfăcută de ea. Ca regulă generală, temperatura aerului descreşte dinspre regiunile ecuatoriale spre poli, dar descreşterea prezintă o **a. t.** deoarece ea este neregulată, din cauza distribuţiei inegale a uscatului şi a apelor. De asemenea, aerul este mai cald deasupra oceanelor şi mai rece deasupra continentelor, în timpul iernii, dar invers vara. Totodată, temperatura aerului variază în funcţie de latitudine, schimbîndu-se cu declinaţia soarelui. Linia care uneşte punctele cu temperaturile cele mai înalte înregistrate pe glob se numeşte ecuator termic. Din cauza distribuţiei inegale a uscatului şi apelor, linia lui nu coincide cu ecuatorul geografic. Ecuatorul termic se deplasează în cursul anului odată cu mişcarea de declinaţie a soarelui. Diferenţa dintre temperatura medie a aerului dintr-o localitate şi temperatura medie a anului corespunzătoare cercului de latitudine al localităţii se numeşte anomalie termică a localităţii. Ea poate fi pozitivă sau negativă.

ANERGIE. Parte netransformabilă în lucru mecanic a unei forme neordonate de energie (ex.: energia internă) sau a unei forme de transfer de energie (ex.: căldură), parte care este cedată mediului ambiant.

Termenul de **a.** a fost propus de *Rant* în anul 1962.

Dacă se consideră (fig. A.88) un proces termodinamic 1—2, cantitatea de căldură q, primită de la 1 kg de agent, la temperatură constantă, superioară temperaturii mediului ambiant, este:

$$q=\int_1^2 T\,ds_q=\text{aria } s_1\ 12\ s_2 \quad [\text{J/kg}];$$

$$\Delta s_q=s_2-s_1 \quad [\text{J/kg}].$$

Temperatura termodinamică medie a procesului 1—2 este definită de raportul:

$$T_{m0}=\frac{q}{\Delta s_q}=\frac{\text{aria } s_1\ 12\ s_2}{s_2-s_1}\ s_1 1'' \quad [\text{K}],$$

de unde rezultă:

$$q=T_{m0}\cdot\Delta s_q=\text{aria } s_1\ 1''2''\ s_2 \quad [\text{J/kg}].$$

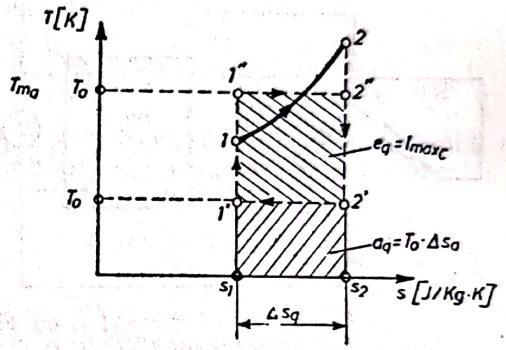


Fig. A.88. Schemă pentru definirea noţiunii de anergie.

Dacă $T_{m0}<T_0$, exergia căldurii e_q preluată de agent reprezintă lucrul mecanic maxim care se poate obţine cu ajutorul ciclului Carnot direct $1'—1''—2''—2'—1'$, delimitat de temperaturile T_0 şi T_{m0}:

$$e_q=l_{max}=$$

$$=(T_{m0}-T_0)\Delta s_q=\text{aria } 1'1''2''2'>0 \quad [\text{J/kg}].$$

Partea netransformabilă în lucru mecanic a căldurii q, denumită **a.** căldurii a_q, este definită prin relaţia:

$$a_q=T_0\Delta s_q=\text{aria } s_1\ 1'\ 2'\ s_2 \quad [\text{J/kg}].$$

Rezultă că o cantitate de căldură preluată de un agent termic la temperaturi superioare lui T_0 se compune din exergia e_q şi anergia a_q:

$$q=e_q+a_q \quad [\text{J/kg}].$$

Reducerea fracţiunii a_q se poate realiza prin micşorarea temperaturii T_0.

ANTECAMERĂ (v. Cameră de ardere).

ANTIDETONANT. Substanţă care se adaugă în cantităţi mici în benzină, determinînd o creştere considerabilă a rezistenţei ei la detonaţie, fără a-i modifica celelalte proprietăţi

fizico-chimice. Dintre **a.** utilizaţi, tetraetilul de plumb (TEP) prezintă cele mai bune calităţi. O eficienţă antidetonantă asemănătoare o au iodul, fier-pentacarbonilul etc.; anumite substanţe (ca anilina şi benzenul) asigură eficacitatea antidetinantă, intrînd doar la concentraţii relativ mari în categoria adaosurilor antidetonante. În tabelul A.13 este prezentată eficacitatea antidetonantă a diferitelor substanţe folosite ca **a.** Creşterea rezistenţei la detonaţie a benzinei, exprimată, în general, prin cifra octanică, variază în funcţie de tipul şi concentraţia substanţelor antidetonante (fig. A.89). În general, **a.** se utilizează în concentraţii care nu depăşesc zecimile de procent, dar există şi substanţe antidetonante care sînt eficiente în proporţii mai mari, dintre care cele mai răspîndite sînt aminele aromatice.

Tabelul A.13

Eficacitatea diferitelor substanţe antidetonante

SUBSTANŢA	Număr reciproc de moli avînd aceeaşi eficacitate antidetonantă ca 1 mol anilină
COMPUŞI ORGANICI	
Tetraetilplumb	118
Dimetildifenilplumb	115
Hexa-p-xililplumb	76
Tetrafenilplumb	70
Fier-carbonil	50
Nichel-carbonil	35
Dietilteluriu	27
Trimetilbismut	24
Dietilseleniu	6,9
Tetraetilstaniu	4,0
Trifenilarsen	1,6
Dimetilcadmiu	1,2
AMINE	
Difenilamină	1,5
N-Metilanilină	1,4
m-Xilidină	1,4
Anilină	1,0
N, N-Dimetilanilină	0,21
Etilamină	0,20
Trifenilamină	0,09
DIVERSE	
Iodură de etil	1,09
Tetraclorură de titan	3,2
Iodură stanică	15,1

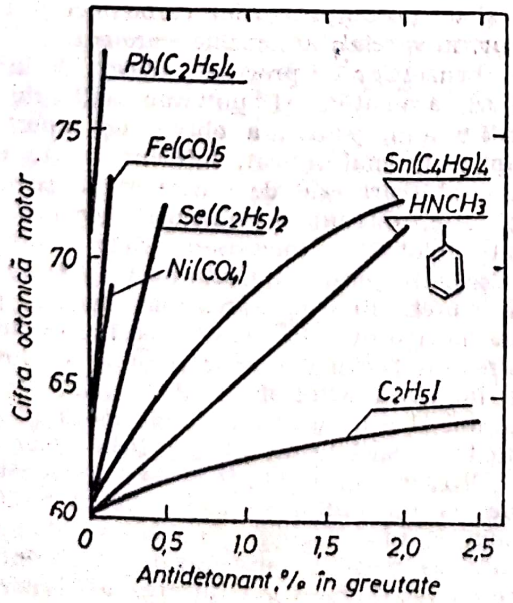


Fig. A.89. Dependenţa cifrei octanice de substanţele antidetonante.

Datorită eficacităţii antidetonante ridicate, cît şi a rezultatelor bune privind stabilitatea, tendinţa de coroziune, solubilitatea etc., *tetraetilul de plumb* rămîne antidetonantul cel mai des utilizat. Agentul antidetonant propriu-zis se presupune a fi oxidul de plumb, rezultat din descompunerea tetraetilplumbului în camera de ardere. Acţiunea acestui antidetonant se bazează pe inhibarea lanţului reacţiilor de oxidare premergătoare arderii care provoacă detonaţia. Tetraetilul de plumb este un lichid incolor, transparent, mai greu decît apa, insolubil în apă, uşor solubil în benzină, eter, acetonă, alcool şi alţi dizolvanţi organici şi care fierbe la 200°C. Este foarte otrăvitor. T.E.P. are eficacitate la proporţii foarte mici, concentraţia admisă putînd ajunge la 0,8 ml/l în benzinele pentru automobile şi pînă la 1,5 ml/l în benzinele de aviaţie. T.E.P. nu se foloseşte în stare pură în benzină, deoarece prin ardere dă naştere oxizilor de plumb şi sulfatului de plumb, care se depun pe pereţii camerei de ardere, pe supape şi pe bujii, depuneri ce favorizează aprinderile secundare, arderea supapelor, scoaterea din funcţiune a bujiilor. În fig. A.90 este prezentată influenţa concentraţiei T.E.P. în benzină asupra dinamicii de formare a depozitelor în camera de ardere a motorului. Pentru eliminarea acestui dezavantaj, tetraetilplumbului i se încorporează substanţe antrenante, care formează cu plumbul sau cu oxizii săi compuşi volatili, aceştia fiind eliminaţi odată cu gazele de ardere. Amestecul de T.E.P. cu aceste substanţe antrenante se numeşte lichid-etilic. Ca substanţe antrenante se folosesc, în special, com-

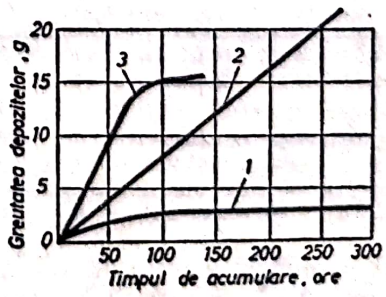


Fig. A.90. Influenţa concentraţiei tetraetilului de plumb în benzină asupra formării calaminei:
1 — benzină metilată; *2* — benzină cu 0,4 ml TEP/l; *3* — benzină cu 0,8 ml TEP/l.

puşii organici (tab. A.14). Benzinele prezintă, în funcţie de compoziţia lor chimică, o susceptibilitate diferită faţă de adaosurile de T.E.P. Astfel, la benzinele cu cifră octanică mică, creşterea acestei cifre este mai mare pentru aceeaşi proporţie de antidetonant decît în cazul benzinelor cu cifră octanică ridicată Alcanii prezintă cea mai mare susceptibilitate la adaosul de tetraetilplumb, urmate în ordine descrescătoare de cicloalcani, alchene şi aromatice. Susceptibilitatea la etilare a benzinelor este influenţată de prezenţa compuşilor de sulf. În fig. A.91 este prezentată influenţa conţinutului de sulf asupra unei benzine cu cifra octanică 60 şi un adaos de 0,8 ml T.E.P./l.

Un a. superior tetraetilului de plumb este *tetrametilul de plumb*, cu eficacitate antidetonantă mai ales în benzinele aromatice cu cifră octanică superioară, folosite la motoarele puternic solicitate. Tetrametilplumbul are punctul de fierbere 110°C, distilîndu-se, astfel, aproape de punctul de fierbere mediu al benzinelor şi prezintă o stabilitate mult mai bună decît T.E.P. în cursul depozitării benzinei (ultimul formînd oxizi de tetraetilplumb prin oxidare şi, în final, compuşi insolubili în benzină). Tetrametilul de plumb este inferior T.E.P. în benzinele cu cifra octanică mică, sărace în hidrocarburi aromatice. Dat fiind preţul de cost mai ridicat al tetrametilplumbului, se folosesc amestecuri ale acestuia, sau compuşi etil-metil, prin reacţia dintre tetrametil şi tetrametilplumb. Efectul antidetonent al compuşilor alchilici ai plumbului poate fi mărit prin adăugarea de acizi carboxilici sau compuşi, care prin ardere dau naştere la acizi carboxilici. Eficacitatea antidetonantă a tetrametilului de plumb este mărită şi de prezenţa acizilor carboxilici şi a esterilor, în special, în benzinele aromatice. Folosirea benzinelor cu procente ridicate de hidrocarburi aromatice şi puternic aditivate cu alchili-plumb, pentru a obţine un raport de comprimare mai ridicat, influenţează în mod nefavorabil procesul de ardere din camera de combustie, ducînd la aprinderi necontrolate. Efectul global se manifestă printr-o vibraţie de frecvenţă joasă explicată prin creşterea rapidă a presiunii şi formarea unor unde de presiune în motor. Mai avantajoasă este introducerea în benzină a unor compuşi cu fosfor care formează ortofosfatul de plumb, efectul favorabil al fosforului fiind mult sporit în prezenţa tetrametilului de plumb. Prin introducerea aditivilor pe bază de fosfor, se constată reducerea procesului de ancrasare al bujiilor, precum şi modificarea compoziţiei calaminei, urmată de mărirea temperaturii ei de incandescenţă (425—550°C). Utilizarea aditivilor pe bază de fosfor este limitată, în prezent, la benzinele cu cifră octanică ridicată.

Tabelul A.14

Compuşi organici halogenaţi folosiţi ca substanţe antrenante

Compoziţia, % greutate	Fluidul						
	R-9	1-TS	P-2	1-T pentru benzină de aviaţie	0-62 pentru benzină auto	Q	tip I
TEP, minimum	54,0	58,0	55,0	61,41	61,48	63,30	54,5
Bromură de etil ,minimum	33,0	—	—	—	—	—	—
Dibrom-etan	—	36,0	—	35,68	17,86	25,75	36,4
Diclor-etan, minimum	—	—	—	—	18,81	8,72	—
Dibrom-propan, minimum	—	—	34,40	—	—	—	—
Clor-naftalină, minimum	6,8 ± 0,5	—	5,5	—	—	—	9,0
Colorant	0,1	0,5	0,1	0,05	0,12	2,23	0,1
Adaos (petrol lampant sau benzină)	Restul					—	—

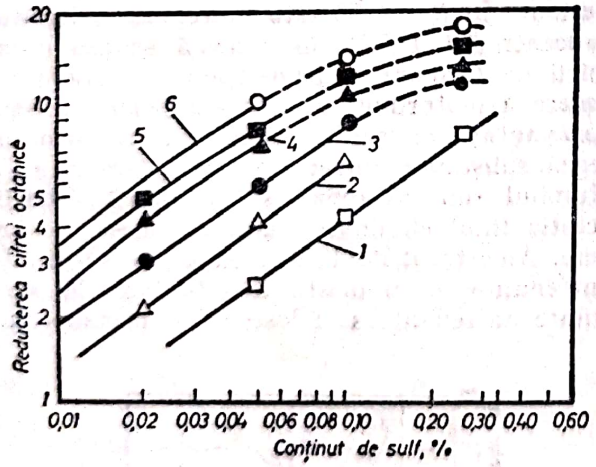


Fig. A.91. Influenţa conţinutului de sulf asupra cifrei octanice:
1 — tiofeni; *2* — sulf elementar; *3* — sulfuri; *4* — disulfură; *5* — tetrasulfură; *6* — propantol.

Un alt a. utilizat este *metilciclopentadienil-mangantricarbonilul*, comercializat sub denumirea de AK-33 X, care are o comportare asemănătoare cu T.E.P. Avînd un preţ de cost foarte ridicat, întrebuinţarea lui nu se justifică în benzinele care conţin proporţii mari de hidrocarburi provenite din procesele de izomerizare şi de alchilare.

Scanned with OKEN Scanner

ANTIGEL (Lichid). Amestec de apă și substanțe cu punct de îngheț coborît. **L.a.** se folosesc în sistemul de răcire sub presiune al motoarelor cu ardere internă, pentru a intensifica transferul de căldură și pentru a evita înghețarea lichidului din circuitul de răcire. **L. a.** trebuie să prezinte următoarele proprietăți:

— punct de solidificare scăzut, astfel încît să nu își modifice starea de agregare la temperaturile minime de exploatare a motorului;
— temperatură de fierbere ridicată, pentru a se evita formarea dopurilor de vapori și pentru diminuarea pierderilor prin evaporare;
— modificare redusă a viscozității cu temperatura;
— stabilitate fizică și chimică ridicată;
— proprietăți anticorosive;
— căldură specifică și conductivitate termică ridicată;
— netoxice sau inflamabile, astfel încît să poată fi manipulate în condiții de securitate.

L. a. cu utilizarea cea mai largă sînt cele pe bază de glicoli, alcooli și glicerină.

L. a. pe bază de glicoli conțin, în principal, polialcooli relativ inerți față de fier, fontă, aramă și alamă și prezintă, pe lîngă componenții de bază (apă și etilenglicol sau glicerină), și inhibitori de coroziune de tip uleios, antispumanți și antioxidanți.

Amestecurile etilenglicol-apă prezintă puncte de congelare foarte coborîte și se pot realiza în orice proporții. Variația temperaturii de congelare a **l. a.** „etilen-glicol tehnic+apă" ($C_2H_6O_2+H_2O$) și „glicerină+apă" ($C_3H_8O_2+H_2O$) este dată în fig. A.92 a. Soluția congelată apare sub forma unei mase afînate și nu conduce la deteriorarea instalației de răcire prin fisurare datorită măririi volumului. Mă-

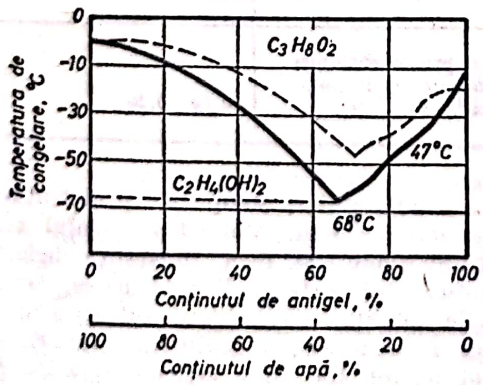


Fig. A.92. a. Temperatura de congelare a lichidului antigel în funcție de conținutul de antigel și apă.

rind presiunea în instalația de răcire, se obține o mărire corespunzătoare a temperaturii **l. a.**, deoarece crește punctul său de fierbere. Variația temperaturii de fierbere a apei (și a amestecului de etilenglicol cu apă) cu presiunea este prezentată în fig. A.92 b. Etilenglicolul are acțiune corosivă asupra pieselor metalice, la fel ca apa, avînd afinitate pentru aluminiu

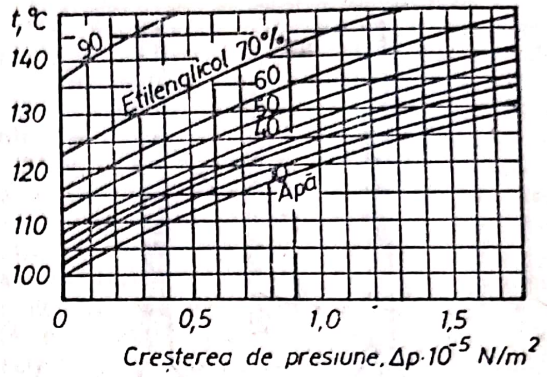


Fig. A.92. b. Temperatura de fierbere a lichidului antigel în funcție de presiune.

și aliajele sale. Acțiunea corosivă a etilenglicolului este mai redusă decît a glicerinei și alcoolului. Coeficientul de dilatare al soluției de etilenglicol fiind mai mare decît cel al apei, este necesar ca volumul „rezervă de dilatare" din instalații să reprezinte 5—8% din volumul total al circuitului de răcire.

L. a. pe bază de alcooli au componenți de bază *alcoolii etilic și metilic*, care au puncte de fierbere scăzute: 78,3°C, respectiv 66°C. Folosirea alcoolilor ca **l.a.** este limitată datorită volatilității lor ridicate. La temperaturile optime pentru motor (80—90°C), alcoolii se evaporă și se pierd treptat, ceea ce necesită completarea periodică a soluției apoase cu alcooli, pentru ca prin micșorarea concentrației să nu crească punctul de solidificare al soluției.

L. a. pe bază de glicerină. *Glicerina* este un polialcool mai dens decît apa care fierbe la 290°C și se solidifică la —17°C. În practica exploatării autovehiculelor, glicerina se folosește rar ca **l.a.**, datorită necesității unei cantități mari de glicerină în amestecurile cu punct de congelare scăzut (căldura specifică este cu 42% mai mică decît a apei).

Alte **l.a.** conțin petrol, dar acestea prezintă anumite dezavantaje: distrug conductele și racordurile de cauciuc, precum și garniturile de etanșare ale pompei de apă; prezintă pericol de incendiu, datorită punctului de inflamabilitate relativ scăzut etc.

În cazul reviziilor tehnice ale motoarelor sau cînd se constată că **l.a.** emulsionează, se impune verificarea concentrației componenților de bază. Astfel, pentru determinarea conținutului de etilenglicol se folosește un aparat numit hidrometru sau termodensimetru (fig. A.93). Aparatul are două scări: prima scară, „glicoli în procente de volum", indică

conținutul de etilenglicol în lichid (tab. A.15), în intervalul de la 20% la 100%, iar scara a doua, „temperatura de îngheţare în °C", arată temperatura la care îngheaţă lichidul în limitele —8 ... —67°C. Verificarea compoziţiei

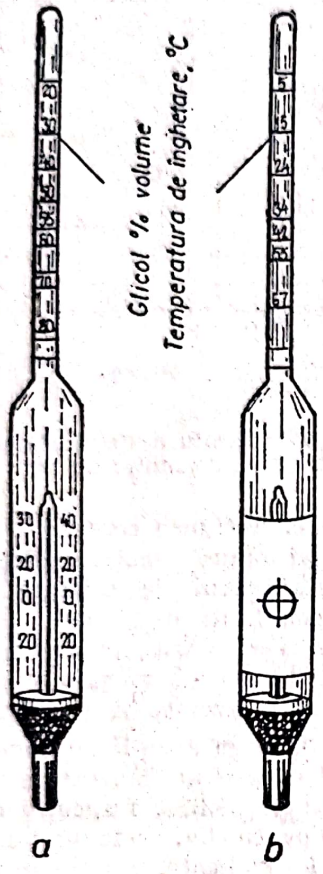


Fig. A.93. Hidrometru:
a — vedere din faţă;
b — vedere din spate.

amestecului se raportează la temperatura amestecului „antigel-apă" de +12°C, aplicîndu-se corecţii în plus pentru temperaturi superioare şi în minus, pentru temperaturi inferioare. Corecţiile indicilor hidrometrului în raport cu temperatura de referinţă „+20°C" sînt date în tabelul A.15. Corespondenţa directă dintre conţinutul componenţilor de bază din amestecul etilenglicol-apă şi densitatea la 20°C este prezentată în tabelul A.16.

Tabelul A.15

Conţinutul de etilenglicol în lichid

Temperatura lichidului antigel [°C]	Indicele hidrometrului pe scara „Glicoli în procente de volum" [%]						
+40	5	14	23	32	42	46	50
+30	8	17	27	36	46	50	55
+20	10	20	30	40	50	55	60
+10	11	22	33	44	54	59	65
0	12	24	35	47	58	63	69
—10	13	26	37	50	62	67	73
—20	14	28	39	52	65	71	77

Tabelul A.16

Corespondenţa între conţinut şi densitate pentru etilenglicol-apă

Conţinutul de apă % volume	Temperatura de congelare °C (K)	Densitatea la 20°C g/cm³
10	—12 (261)	1,114
20	—30 (243)	1,106
30	—67 (206)	1,089
40	—55 (217)	1,079
50	—34 (239)	1,068
60	—24 (249)	1,057
70	—13 (260)	1,043
80	— 9 (264)	1.029

În ţara noastră, **l.a.** este fabricat pe bază de glicoli, cu adaos de stabilizatori şi inhibitori de coroziune. Caracteristicile fizico-chimice de bază ale etilenglicolului şi ale produsului a. românesc sînt date în tabelul A.17.

Tabelul A.17

Caracteristicile lichidului antigel pe bază de glicoli

Condiţii tehnice ale lichidului antigel	Produs concentrat (100%)	Produs diluat 1 : 1
Aspect	Lichid limpede, colorat	
Densitate relativă d 15	1,12—1,13	1,07—1,085
Punct de congelare, °C (K) max.	—12 (261)	—40 (233)
Punct de fierbere, °C (K), min.	150 (423)	102 (375)
Reziduu la calcinare, % max.	3	1,5
*p*H	5,8—7	7—8
Acţiune asupra vopselelor	Nu se admite pătarea suprafeţelor vopsite	
Pierderi prin coroziunea neferoaselor şi fontei, mg/cm², max.	0,10—0,20	

L.a. uzate pot fi recuperate prin tratare cu *schimbători de ioni*. Monoetilenglicolul este o substanţă polară şi, deci, constanta dielectrică a amestecului apă-glicoli este mare, iar substanţele solubile din lichidul antigel sînt ionizabile. Prin folosirea schimbătorilor de ioni, se pot obţine **l.a.** cu o concentraţie de glicol doar cu 10% mai mică decît a. proaspăt. Regenerarea lichidelor reprezintă o problemă de înaltă eficienţă economică, conducînd la economii considerabile de glicol.

ANUBAR. Dispozitiv destinat măsurării directe a vitezei medii, respectiv a debitului fluidelor (lichide, gaze sau vapori) ce curg prin canale închise sau conducte.

Scanned with OKEN Scanner

Este realizat pe principiul tuburilor de presiune, dintr-un senzor de viteză, prevăzut cu patru orificii și o sondă de presiune statică, montată în interiorul senzorului sau în afara acestuia. Senzorul împreună cu sonda se amplasează perpendicular, pe direcția de curgere a fluidului în așa fel, încît orificiile să fie orientate spre amonte în dreptul a patru zone de arii egale în secțiune transversală (fig. A.94). Localizarea orificiilor senzorului de viteză se face pe baza legii distribuției de viteze în conducte. Semnalul de ieșire din **a.** este o presiune diferențială proporțională cu debitul ce străbate conducta:

$$Q_V = kA\varepsilon\sqrt{2\Delta p/\rho} \ [m^3/s],$$

unde: k reprezintă o constantă (indice constructiv) a anubarului; A — aria secțiunii transversale a conductei, în m^3; ε — factor de expansiune (pentru gaze sau abur); ρ — densitatea fluidului, în kg/m^3; Δp — presiunea diferențială măsurată, în N/m^2.

Presiunea diferențială poate fi măsurată cu ajutorul obișnuitelor instrumente indicatoare, înregistratoare, traductoare electronice sau pneumatice de presiune, în limitele a 5 ... 2 500 mm H_2O, cu o precizie de $\pm 1\%$.

A. se realizează de regulă din oțel inoxidabil și prezintă, față de mijloacele clasice de măsurare a debitului prin metode diferențiale, o serie de avantaje: construcție simplă, montaj ușor, gamă largă de dimensiuni, stabilitate în timp a preciziei de măsurare, pierderi reziduale de presiune reduse, lungime rectilinie minimă a conductei necesară montării (2—4D).

Ca dezavantaj se poate menționa obținerea unor presiuni diferențiale mici în cazul unor diametre de conducte și debite de fluid mici, ceea ce impune folosirea unor traductoare speciale.

A. poate fi folosit și la măsurarea debitelor de fluide cu impurități, contaminate puternic, cu temperaturi înalte, corosive.

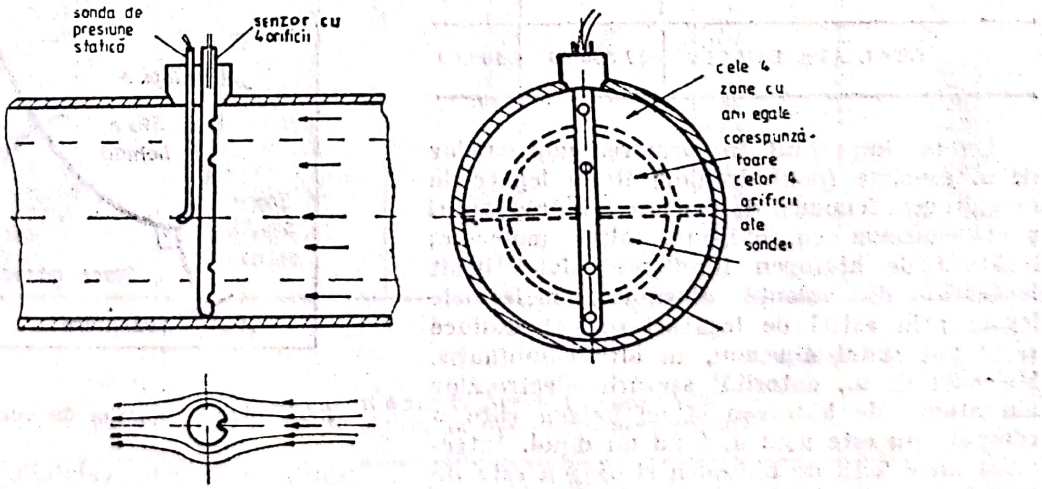


Fig. A.94. Principiul constructiv și schema de montare a anubarului.

APA. Substanță care, în stare pură, este formată din molecule de oxid de hidrogen, H_2O. Această reprezentare este aproximativă, deoarece chiar apa pură din natură este o substanță mult mai complexă, care poate fi considerată, după un model simplificat, ca un amestec de oxid de hidrogen cu oxizi ai izotopului hidrogenului, deuteriului D și tritiului T, aceștia însă în proporții reduse: sub 0,02% oxid de deuteriu (apă grea, DHO și D_2O) și mult mai puțin oxid de tritiu (apă tritială sau ultragrea, THO și T_2O). **A.** este o substanță foarte răspîndită în natură sub toate cele trei stări de agregare. Denumirea de **a.** este atribuită, de obicei, stării de agregare lichidă, în stare gazoasă fiind denumită „vapori de apă", iar în stare solidă , „gheață". **A.** naturală nu este niciodată pură. Chiar **a.** provenită din precipitații se impurifică, în timpul căderii, cu oxigen, azot, amoniac (0,00002—0,00003%), bioxid de carbon, azotați și azotiți (0,0001—0,001%), hidrogen sulfurat, bioxid și trioxid de sulf, pulberi și unele substanțe organice. **A.** din rîuri și lacuri și apele subterane (infiltrate în sol) conțin în diferite proporții substanțe minerale și organice, unele dizolvate, altele în stare coloidală, precum și unele sub formă de suspensii; **a.** mărilor și oceanelor conțin circa 3,5% săruri dizolvate (clorură de sodiu, clorură de potasiu și de magneziu, ioni de brom, de iod, de calciu, de fier etc.), fiind denumite „ape sărate", spre deosebire de **a.** continentale, denumite „ape dulci". Din suprafața planetei noastre, **a.** constituită în așa-numitul Ocean Planetar ocupă 361 milioane km^2, adică 70,8%, iar volumul total al **a.** existente pe Pămînt (în cele trei stări de agregare) este evaluat la 1 400 milioane km^3. Din acest volum, cea mai mare parte o cuprinde Oceanul Planetar (97, 3%), în timp ce **a.** dulce reprezintă un volum de numai 2,7%, adică 37,8 milioane km^3. Repartizarea volumului de **a.** dulce pe

Scanned with OKEN Scanner

diferite componente este dată în tabelul A.18. Complexitatea fizico-chimică a a., încă insuficient cunoscută, îi conferă o serie de proprietăţi deosebite faţă de celelalte substanţe, cum ar fi variaţia densităţii cu temperatura, care prezintă un maxim la circa 4°C, sau creşterea volumului prin îngheţare. O explicaţie a acestei comportări este oferită de teoria polihidrolilor, aceştia fiind polimeri ai moleculei de a. H_2O, numită hidrol [dihidrolul $(H_2O)_2$, trihidrolul $(H_2O)_3$]. Se admite că gheaţa este formată din trihidroli, vaporii de a., din monohidroli, iar a. lichidă, dintr-o soluţie de trihidroli în dihidroli. Cînd creşte temperatura sau presiunea, trihidrolul se disociază în dihidrol. Faţă de dihidrol, trihidrolul are volumul specific şi compresibilitatea mai mari.

Tabelul A.18

Repartizarea volumului de apă dulce pe pămînt

Nr. crt.	DENUMIREA COMPONENŢILOR	VOLUM [mii km³]	VOLUM [%]
1.	Gheţari	29 182	77,20
2.	Ape subterane	8 467	22,40
3.	Lacuri şi mlaştini	132,1	0,35
4.	Vapori şi atmosferă	15,12	0,04
5.	Ape din rîuri	3,78	0,01
	TOTAL APE DULCI	37 800,00	100,00

Un rol important în formarea moleculelor de a. asociate (polihidrolilor) îl au legăturile de hidrogen, fenomen de asociere a hidrogenului unei molecule cu oxigenul altei molecule; legătura de hidrogen fiind mai slabă decît legăturile de valenţă obişnuite, moleculele legate prin astfel de legături se pot desface şi se pot reuni din nou, în alte combinaţii. Molecula de a., datorită aşezării electronilor din atomii de hidrogen şi de oxigen care o compun, nu este neutră, fiind un dipol. Intervalul între ionii de hidrogen şi oxigen este de 0,96 Å la vaporii de a. şi de 0,99 Å la gheaţă, iar diametrul unei molecule de a. este de 2,76 Å.

În stare lichidă, a. pură este incoloră, fără gust şi fără miros. Substanţele dizolvate în a. întîlnită în natură pot modifica culoarea, gustul şi mirosul acesteia. La presiune normală, temperatura de solidificare a a. (0°C) şi temperatura de fierbere (100°C) au fost luate ca etalon pentru scara termometrică Celsius. Schimbarea stării de agregare a a. se poate face şi la alte temperaturi, în funcţie de presiune, conform diagramei de echilibru a a. (fig. A.95). Punctul *D*, numit punct triplu, constituie singurul punct, corespunzător presiunii $p=0{,}00611$ bar şi temperaturii $t=0{,}0098$°C la care pot coexista toate cele trei faze ale a.: gheaţa, a. lichidă şi vaporii de a. Curba *AD* reprezintă curba de sublimare, trecerea făcîndu-se direct din faza solidă în cea gazoasă (tab. A.19). Curba *BD* separă faza solidă de cea lichidă, reprezentînd variaţia temperaturii de solidificare a a. cu presiunea. Această variaţie este unică, temperatura de solidificare scăzînd cu 0,0075°C la o creştere a presiunii de 1 bar. Curba *CD* este curba de saturaţie, care reprezintă temperatura de fierbere (saturaţia) în funcţie de presiune; în tabelul A.20 sînt date cîteva valori ale acesteia în raport cu presiunea atmosferică. Pentru curba de saturaţie s-au propus şi relaţii empirice. De exemplu, pentru a. în intervalul de temperaturi 0 şi 95°C se poate folosi ecuaţia:

$$\lg p_s = 0{,}0057157 - 3{,}142305\left(\frac{10^3}{T_s} - \frac{10^3}{373{,}15}\right) + 8{,}2\lg\frac{373{,}15}{T_s} - 0{,}0024804(373{,}15 - T_s),$$

unde p_s este presiunea de saturaţie, în bar [10^5 N/m²], iar T_s — temperatura de fierbere (saturaţie) [K].

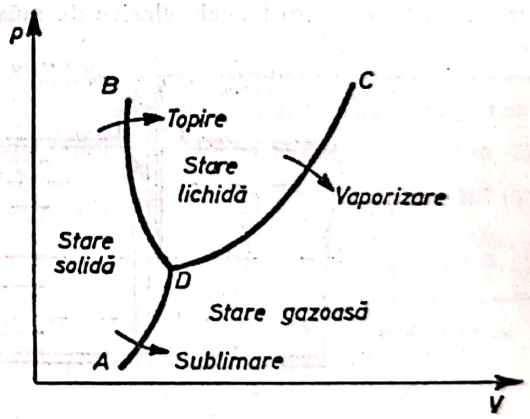


Fig. A.95. Diagrama de echilibru a apei.

Curba *CD* este valabilă pînă la punctul critic notat cu *C*, limită superioară de existenţă a domeniului vaporilor saturaţi umezi, aceasta avînd următorii parametrii: temperatura 374,15°C şi presiunea 221,29 bar. În tabelul A.21 se dau valori corespunzătoare curbei de saturaţie pentru presiunea p_s, volumul specific v', entalpia specifică h', căldura latentă de vaporizare r şi entalpia specifică s', în funcţie de temperatura de saturaţie t_s. La presiunea normală (760 mm Hg), căldura latentă de vaporizare a a. are valoarea de 2 257 kJ/kg, iar căldura latentă de topire a gheţii are valoarea de 332 kJ/kg.

A. are cea mai mare căldură specifică dintre toate substanţele lichide sau solide, ea servind la definirea unităţii de căldură, *caloria*

Presiunea vaporilor de gheaţă în funcţie de temperatură

Tabelul A.19

Temperatura gheţii [°C]	−50	−20	−10	−8	−6	−4	−2	0
Presiunea vaporilor [mm Hg]	0,03	0,8	1,9	2,3	2,8	3,3	3,9	4,6

Tabelul A.20

Temperatura de fierbere a apei la diferite presiuni

p_s [mm Hg]	680	690	700	710	720	730	740	750	760	780	790	800
t_s [°C]	96,91	97,31	97,71	98,10	98,49	98,87	99,25	99,63	100,0	100,73	101,09	101,44

Tabelul A.21

Mărimile caracteristice ale apei pe curba de saturaţie

t_s [°C]	p_s [bar]	v' [m³/kg]	h′ [kJ/kg]	r [kJ/kg]	s' [kJ/kg.K]
0,01	0,006108	0,0010002	0	2 501	0
30	0,02337	0,0010018	83,90	2 454	0,2964
40	0,07375	0,0010079	167,50	2 406	0,5723
60	0,19917	0,0010171	251,1	2 358	0,8311
80	0,4736	0,0010290	433,9	2 308	1,0753
100	1,0132	0,0010435	419,1	2 257	1,3071
120	1,9854	0,0010603	503,7	2 202	1,5277
140	3,614	0,0010798	589,0	2 145	1,7392
160	6,180	0,0011021	675'5	2 082	1,9427
180	10,027	0,0011275	763,1	2 015	2,1395
200	15,551	0,0011565	852	1 941	2,3308
250	39,776	0,0012512	1085,7	1 715	2,7934
300	85,92	0,0014036	1 344,9	3,2548	3,2548
350	165,37	0,001741	1 671	893,5	3,7786
374	220,87	0,00280	2 032	114,7	4,3258

Tabelul A.22

Căldura specifică a apei la presiune constantă
(în funcţie de temperatură, la presiunea atmosferică)

t [°C]	0	10	20	30	34	35
c_p [kJ/kg.K]	4,2190	4,1932	4,1829	4,1797	4,1795	4,1795
t [°C]	40	50	60	80	100	
c_p [kJ/kg.K]	4,1799	4,1821	4,1881	4,1977	4,2173	

mică (cal), care reprezintă cantitatea de căldură care încălzeşte 1 g de a. de la 14,5 la 15,5°C. *Căldura specifică* a a. variază cu temperatura şi presiunea (tabelele A.22 şi A.23).

Densitatea a., spre deosebire de cea a altor lichide la care variază descrescător cu temperatura, prezintă la presiunea normală un maximum la +3,98°C, variaţiile cu temperatura fiind însă relativ mici (tab. A.24). Coeficientul de dilatare termică al a. este de $18 \cdot 10^{-5}$ K^{-1} la +3,98°C. Prin solidificare, în mod diferit decît la cele mai multe substanţe,

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul A.23

Căldura specifică a apei la presiune constantă (la presiuni ridicate) în kJ/kg·K

Temperatura [°C]	Presiunea [bar]			
	49	98	196	294
0	4,2035	4,1952	4,1784	4,1617
20	4,1700	4,1617	4,1407	4,1198
40	4,1617	4,1533	4,1282	4,1073
60	4,1659	4,1617	4,1407	4,1240
100	4,2035	4,1910	4,1701	4,1533
140	4,2663	4,2622	4,2370	4,2119
180	4,2961	4,3710	4,333	4,2998
220	4,5929	4,5552	4,4882	4,4338
260	4,9446	4,8860	4,7604	4,6557
300	—	5,6940	5,3298	5,0870
340	—	—	6,9920	6,0122

volumul a. crește astfel încît gheața este mai ușoară decît a., densitatea ei fiind la 0°C de 916,75 kg/m³. **A.** din natură, deoarece conține și alte substanțe dizolvate, are densități diferite față de cea a **a.** pure, însă abaterile sînt neglijabile. Astfel, **a.** din oceane are o densitate medie de 1 028 kg/m³.

Tabelul A.24

Proprietățile fizice ale apei la presiunea atmosferică

Temperatura t [°C]	Densitatea ρ [kg/m³]	Coeficient de compresibilitate β 10^{-9}m²/N	Viscozitatea dinamică η 10^{-3}N·s/m²	Viscozitatea cinematică υ 10^{-6}m²/s
0	999,84	0,512	1,792	1,792
10	999,70	0,492	1.308	1,308
20	998,20	0,474	1,005	1,007
30	995,65	0,465	0,801	0,804
4	99,221	0,335	0,656	0,661
60	983,21	0,416	0,469	0,477
80	871,80	0,423	0,357	0,367
100	958,35	0,438	0,284	0,296

Compresabilitatea **a.** prezintă, de asemenea, o anomalie, în comparație cu celelalte lichide, coeficientul de compresibilitate avînd, în raport cu temperatura, o valoare minimă la 73°C la care corespunde un maxim pentru viteza de propagare a sunetului prin apă. În tabelul A.24 sînt date valori ale coeficientului de compresibilitate β al **a.**, în m²/N, la presiune normală, pentru diferite temperaturi.

Viscozitatea **a.** (viscozitate dinamică η [N·s/m²] și viscozitate cinematică ν [m²/s]) scade odată cu creșterea temperaturii (tab. A.24).

Tensiunea superficială, care se manifestă la suprafața de separație dintre **a.** și un gaz, sau dintre **a.** și un alt lichid cu care nu se amestecă, are la temperatura de 20°C valorile de 0,0726 N/m între **a.** și aer, 0,0022 N/m între **a.** și alcool, 0,0206 N/m între **a.** și ulei. O consecință a tensiunii superficiale este *capilaritatea*: înălțimea de ridicare [mm] a **a.** într-un tub capilar este egală cu $\frac{30}{d}$, unde d este diametrul tubului [mm], iar între două plăci paralele este $\frac{15}{a}$, unde a este distanța dintre plăci [mm]. **A.** are proprietatea de adeziune la o suprafață solidă. Ca și celelalte lichide, **a.** absoarbe (dizolvă) gazele cu care este în contact într-o cantitate cu atît mai mare, cu cît presiunea este mai mare. Astfel, la temperaturi și presiuni atmosferice obișnuite, **a.** conține un volum de aer dizolvat de cca 2% din volumul său. Oxigenul și azotul sînt absorbite de **a.** în alte proporții decît acelea existente în atmosferă (în volume la 4°C, în atmosferă se află circa 21% O_2 și 70% N_2, iar în **a.** cca 34% O_2 și 66% N_2). Fenomenul de degajare a gazelor se produce la scăderea presiunii **a.**, iar cînd presiunea scade, la presiunea de vaporizare se produc și vapori de **a.** (v. Cavitație).

Conductivitatea electrică a **a.** pure este redusă, rezistivitatea ei fiind la 20°C de cca $0,25 \cdot 10^{-6}$ Ωm.

Conductivitatea termică a **a.** este mică, avînd valoarea de 0,555 W/mK la 0°C și crescînd cu temperatura: 0,598 la 20°C, 0,651 la 60°C și 0,682 W/mK la 100°C.

A. industrială. Apa folosită în industrie, la alimentarea cazanelor de abur, la răcirea mașinilor termice, în diferite procese de fabricație, etc.

A. brută. Apa în starea în care se găsește înainte de a intra într-o instalație de epurare (apa de rîu înainte de a intra în bazinele de decantare).

A. de alimentare. Apa cu care se alimentează o instalație termică. Ea este de obicei tratată într-o stație de tratare, pentru a îndeplini condițiile impuse de utilizator.

A. de răcire. Apa folosită la răcirea unei mașini sau instalații termice (apa de răcire a motoarelor, a condensatoarelor de vapori etc.). Ea are rolul de agent de răcire.

A. epurată. Apa tratată într-o instalație specială, în scopul de a fi curățată de materialele mecanice în suspensie și de cele chimice agresive.

A. reziduală. Apa poluată, evacuată din întreprinderile industriale, cu un grad de poluare mare. Evacuarea apei reziduale la canal sau în rîuri este reglementată de legile privind poluarea mediului înconjurător.

A. grea. Compus al hidrogenului greu (deuteriu) cu oxigenul D_2O. Se găsește în apă, o parte la 6 500 de părți.

APOMETRU (Sin.: **Contor de apă**). Aparat pentru măsurarea cantității de apă scurse într-un interval de timp.

Scanned with OKEN Scanner

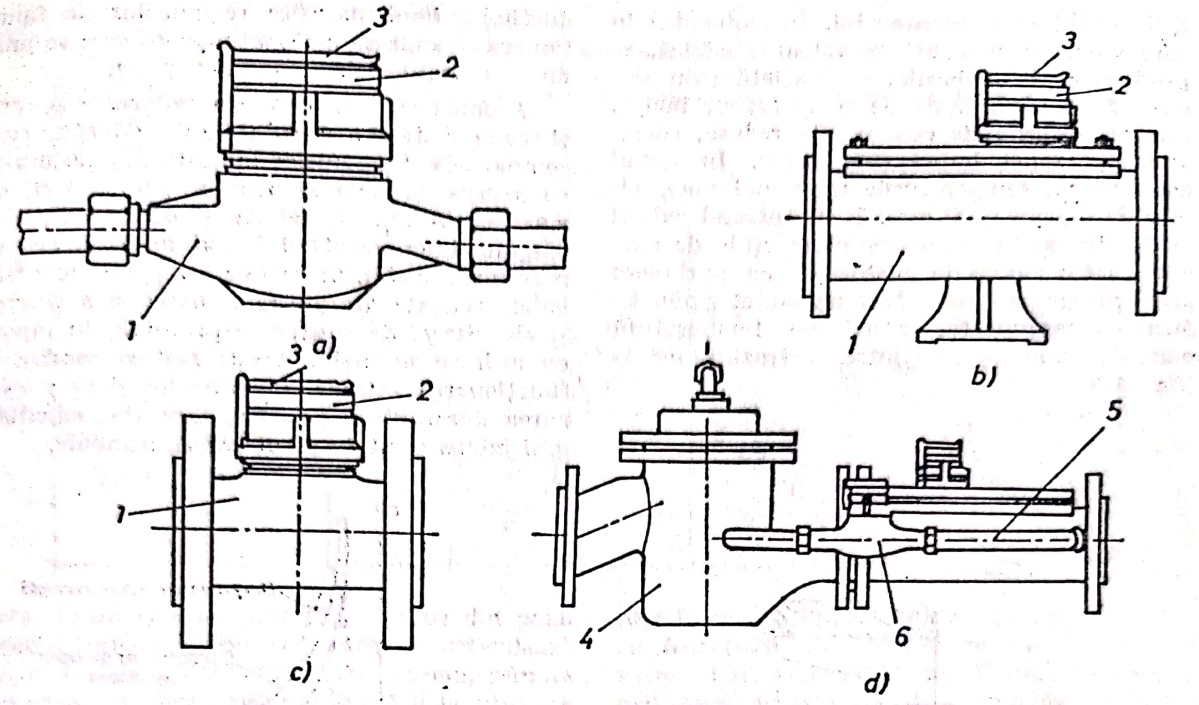


Fig. A.96. Tipuri de apometre:
a — cu palete; *b* — cu elice (D=100 mm); *c* — cu elice (D=50 mm); *d* — cu anexă sensibilă la debite mici; *1* — corp; *2* — index; *3* — capac; *4* — filtru; *5* — apometru principal; *6* — apometru secundar.

A. sînt, în general, de două tipuri constructive: cu palete și cu elice (fig. A.96), avînd caracteristicile prezentate în tabelul A.25. În vederea creșterii sensibilității contorizării, în practică, se realizează cuplaje de două apometre: un apometru principal (cu elice) pentru valori mari ale debitelor și un apometru secundar (cu palete) pentru valorile mici ale debitelor (fig. A.96).

Momentul aprinderii este pus în evidență prin apariția unui nucleu de flacără care, ulterior, se propagă în amestecul aer-combustibil, existent în camera de ardere. Scînteia electrică reprezintă un flux puternic de electroni care formează un canal bun conducător de electricitate, în interiorul căruia intensitatea curentului este foarte ridicată, temperaturile momentane atingînd valori înalte (cca 20 000°C).

Tabelul A.25

Caracteristicile apometrelor fabricate în R.S.R.

Tipul apometrului	Domeniul de indicare	Debit nominal (max)	Sensibilitate	Toleranță	Presiune de lucru	Temperatura de lucru	Pierderi de presiune
	[m^3]	[m^3/h]	—	—	[bar]	[°C]	[mmH_2O]
Cu palete	10^{-3}—10^{-4}	3—10	2%	±3% pt. 2—5%Q_n ±2% pt. 5—100%Q_n	10	30	max. 10
Cu elice	0—10	30—600	2%	±3% pt. 5—10%Q_n ±2% pt. 10—100%Q_n	10	30	max. 1 100 max. 5 000*

* Pentru apometre cu anexă de sensibilizare.

APRINDERE FORȚATĂ. Început al arderii amestecurilor omogene aer-combustibil în motoarele cu aprindere prin scînteie, realizat prin declanșarea unei scîntei electrice între electrozii unei bujii, sau printr-un punct cald al camerei de ardere (electrod incandescent etc.). Ca urmare, trecerea scînteii electrice prin masa amestecului aer-combustibil produce încălzirea locală a acestuia și, prin creșterea nivelului de excitație a moleculelor, face posibilă inițierea reacțiilor de oxidare și, respectiv, creșterea vitezei de reacție peste limita de

inflamabilitate a amestecului. În momentul în care viteza reacției atinge valoarea critică, se produce explozia locală, evidențiată prin nucleul de flacără. Zona de temperatură înaltă, produsă de scînteie este relativ redusă, corespunzător zonei bujiei (fig. A.97). În restul amestecului, temperaturile fiind mai mici, viteza de reacție va fi redusă, sub nivelul valorii critice la care se declanșează reacțiile de oxidare. Ca urmare, la motoarele cu aprindere prin scînteie, aprinderea are un caracter punctiform, corespunzător zonei de temperatură maximă (zona cuprinsă între electrozii bujiei — (fig. A.97).

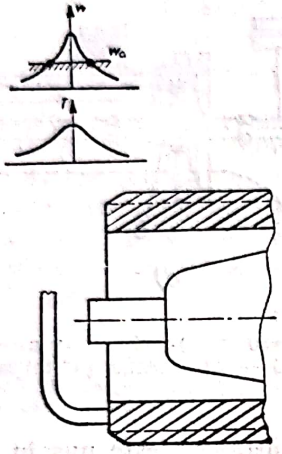


Fig. A.97. Variația vitezei de reacție și a temperaturii mediului în zona electrozilor bujiei.

APRINDERE SECUNDARĂ. Fenomen caracteristic motoarelor cu aprindere prin scînteie care constă în formarea unor fronturi de aprindere a amestecului aer-combustibil de la o altă sursă decît scînteia electrică produsă de bujie (fig. A.98). Sursele **a.s.** pot fi următoarele: calamina incandescentă depusă pe pereții camerei de ardere și suprafețele sau punctele calde ale bujiei, pistonului sau supapei de evacuare. **A.s.** provocate de *calamina incandescentă* au un caracter nepermanent și nereproductibil, deoarece depozitele de calamină sînt îndepărtate relativ rapid, prin ardere, iar următoarele depozite se formează în alte zone. **A.s.** provocate de *punctele calde ale pieselor* care mărginesc camera de ardere pot fi reproductibile, fiind specifice regimurilor de funcționare în suprasarcină, situație în care se produce supraîncălzirea acestor piese.

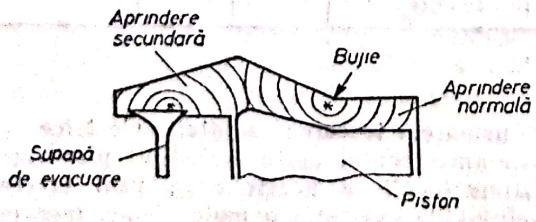


Fig. A.98. Aprindere secundară în motorul cu aprindere prin scînteie.

Arderea cu **a.s.** provoacă reducerea puterii și economicității motorului, fapt evidențiat prin compararea diagramelor indicate ale motorului cu ardere normală și pentru cazul arderii cu **a.s.** (fig. A.99). În cel de al doilea caz, aria diagramei reprezentînd lucrul mecanic util se reduce apreciabil. Arderii cu **a.s.** îi sînt specifice valori ridicate ale presiunii maxime a gazelor și ale vitezei de creștere a presiunii, în raport cu arderea normală. Acești factori conduc la funcționarea brutală a motorului și la micșorarea durabilității pieselor, care sînt solicitate mai intens decît în cazul arderii normale.

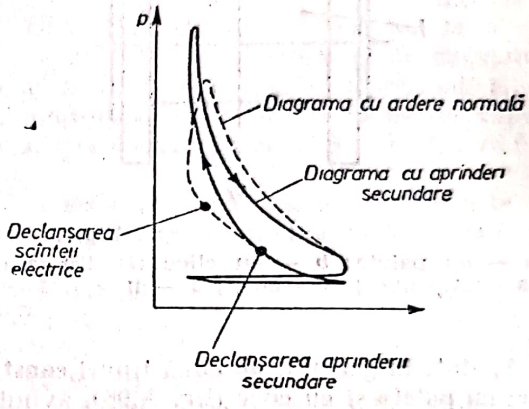


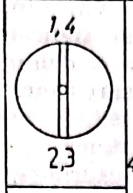
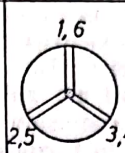
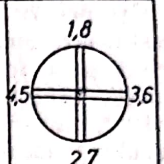
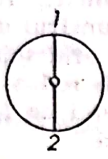
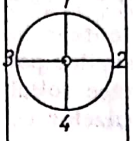
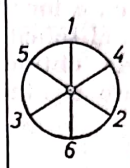
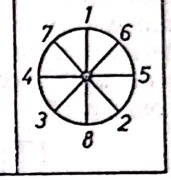
Fig. A.99. Influența aprinderilor secundare asupra diagramei indicate.

ARBORE COTIT. Organ mobil al mașinilor termice cu piston, care asigură, împreună cu biela, transformarea mișcării de translație a pistonului în mișcare de rotație sau invers (cazul compresorului cu piston). **A.c.** transmite spre utilizare momentul motor corespunzător lucrului mecanic aferent proceselor termice din cilindru. La mașinile termice policilindrice **a.c.** însumează lucrul mecanic produs de fiecare cilindru. De asemenea, **a.c.** servește la antrenarea diferitelor organe și agregate ale mașinii termice (pompa de apă și ulei, pompa de injecție, mecanismul de distribuție, distribuitorul, generatorul electric etc.). Pentru motorul cu ardere internă, construcția **a.c.** depinde de numărul de cilindri și de dispunerea lor. Elementul de bază, care caracterizează construcția **a.c.** îl constituie cotul. Numărul de coturi este egal cu numărul de cilindri la motoarele în linie și cu jumătatea numărului de cilindri la motoarele în „V". Coturile se dispun astfel, încît să asigure repartiția uniformă a aprinderilor și un echilibraj cît mai bun al forțelor de inerție ale maselor în mișcare și al momentelor acestora. În tabelul A.26 se prezintă dispunerea coturilor **a.c.**, redată prin steaua manivelelor (vederea din față a schemei **a.c.**), pentru unele motoare în linie cu aprinderi uniform reparti-

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul A.26

Dispunerea coturilor (steaua manivelelor) pentru unele motoare în linie

Tip motor \ Nr. cilindri	2	3	4	5	6	7	8
4 timpi							
2 timpi							

zate. Cotul este alcătuit (fig. A.100) din două braţe, fusul-maneton (cu care se articulează capul bielei) şi două fusuri de reazem, numite fusuri-palier. Transmiterea mişcării la utilizare se face prin partea posterioară a **a.c.**, cealaltă extremitate numindu-se parte frontală. Partea

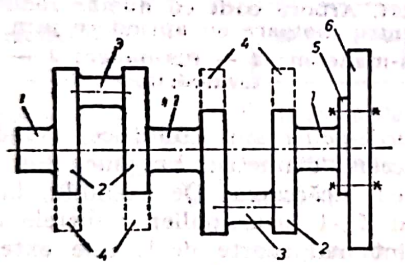


Fig. 100. Arbore cotit:
1 — fus-palier; *2* — braţe; *3* — fus-maneton; *4* — contragreutăţi; *5* — flanşă; *6* — volant.

posterioară se termină cu o flanşă de care se fixează volantul, iar la partea frontală se fixează organele de antrenare a mecanismului de distribuţie şi a celorlalte instalaţii anexe. **A.c.** suportă solicitări foarte variate. Sub acţiunea forţelor de presiune a gazelor şi a forţelor de inerţie, în elementele **a.c.** apar solicitări de întindere, compresiune, încovoiere şi răsucire. Forţele variabile pe ciclu produc solicitări la oboseală periculoase, în special în zonele de racordare a fusurilor la braţe şi în dreptul orificiilor de ungere, care reprezintă concentratori de tensiune. **A.c.** este solicitat, de asemenea, la vibraţii torsionale. Funcţionarea **a.c.** în condiţii de vibraţii torsionale determină apariţia fenomenului de rezonanţă care adesea produce ruperi caracteristice — după o diagonală — îndeosebi la ultimul fus palier, precum şi uzuri suplimentare ale fusurilor şi cuzineţilor. *Rezonanţa* reprezintă mişcarea periodică forţată a unui sistem oscilant pentru care frecvenţa sau frecvenţele proprii sînt egale cu frecvenţa sau frecvenţele corespunzătoare regimurilor de funcţionare. Turaţia la care se realizează această condiţie se numeşte *turaţie critică*. În vederea asigurării unei fiabilităţi sporite a **a.c.**, motorul nu trebuie să funcţioneze la turaţia critică mai mult decît durata regimului tranzitoriu.

Vibraţiile torsionale ale **a.c.** produc perturbaţii şi în funcţionarea altor organe ale motorului. Ele se transmit mecanismului de distribuţie, amplificînd zgomotul, determinînd ruperea arcurilor de supape, modificînd fazele de distribuţie şi dereglînd avansul la declanşarea scînteii. La motoarele de automobil, vibraţiile torsionale se propagă şi în transmisia mecanică. Nivelul solicitărilor **a.c.** impune realizarea lui cu o rezistenţă mecanică ridicată, prin utilizarea unui material de calitate superioară şi prin mărirea rigidităţii construcţiei. **A.c.** se execută din oţel sau fontă. Sînt utilizate frecvent oţelurile de carbon de calitate, nealiate, din mărcile OLC 45 X, OLC 60 X, cu rezistenţa la rupere de 70—80 kgf/mm^2. Pentru **a.c.** mai puternic solicitaţi se utilizează oţeluri aliate Cr-Ni, Cr-Ni-Mo sau Cr-Mo, cu rezistenţa la rupere de 85—125 kgf/mm^2. Fonta se utilizează în special pentru **a.c.** ai motoarelor cu aprindere prin scînteie. Varietăţile de fontă utilizate sînt: fonta modificată cu grafit nodular, fonta maleabilă perlitică şi fonta aliată (cu Cr, Ni, Mo, Cu). Fonta cu grafit nodular este cea mai răspîndită; rezistenţa ei la rupere este de 65—75 kgf/mm^2, iar duritatea 212—270 HB. Semifabricatul pentru **a.c.** se execută prin forjare sau prin turnare. Forjarea se efectuează liber sau în matriţă, cînd lungimea **a.c.** nu depăşeşte 2 m. La motoarele mari (ex. motoare navale), forjarea **a.c.** este dificilă. În aceste cazuri, se realizează soluţii de arbori demontabili. O astfel de soluţie se

Scanned with OKEN Scanner

poate obţine prin fragmentarea arborelui în tronsoane cu flanşe (fig. A.101), care se asamblează prin şuruburi cu piuliţe. În alte variante (fig. A.102), se pot realiza, ca elemente separate, braţele şi fusurile, iar asamblarea lor se face prin fretare. Arbori demontabili se construiesc şi pentru motoare mai mici, cînd se urmăreşte reducerea substanţială a lungimii motorului şi a frecării în lagăre. La aceste construcţii, braţele se montează pe rulmenţi (fig. A.103), iar celelalte elemente se asamblează prin şuruburi. Realizarea **a.c.** prin turnare, din oţel sau fontă, introduce o serie de avantaje. Semifabricatul se poate obţine cu o formă mai adecvată din punctul de vedere al solicitărilor; în interiorul fusurilor se poate obţine uşor forma de butoi, corespunzătoare rigidului de egală rezistenţă.

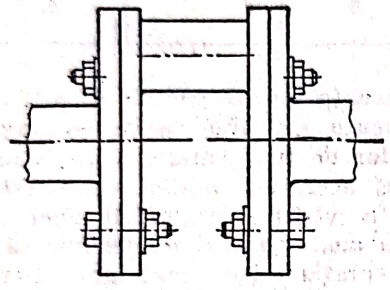


Fig. A.101. Arbore cotit demontabil.

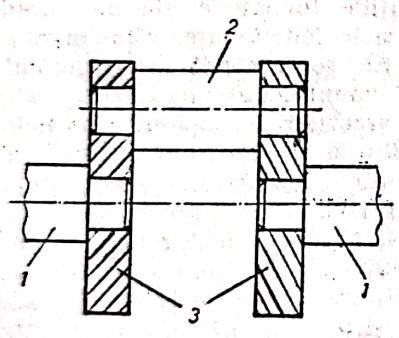


Fig. A.102. Arbore cotit asamblat prin fretare: *1* — fus-palier independent; *2* — fus-maneton independent; *3* — braţe independente.

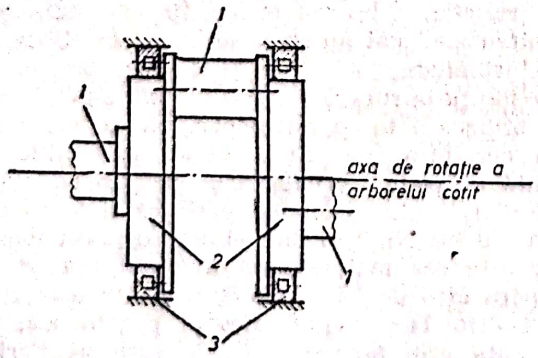


Fig. A.103. Arbore cotit cu lagăre pe rulmenţi: *1* — fus-maneton; *2* — braţe; *3* — rulment.

Calităţile **a.c.** sînt îmbunătăţite considerabil prin tratament termic, termochimic sau prelucrare mecanică superficială.

Greutatea **a.c.** reprezintă 7—15% din greutatea motorului, iar preţul de fabricaţie ajunge pînă la 25—30% din preţul motorului. Aceste cifre subliniază necesitatea unei construcţii şi fabricaţii raţionale a acestei piese, care trebuie să fie realizată cu o greutate redusă, tehnologie simplă, durabilitate ridicată şi siguranţă mare în funcţionare. Lungimea **a.c.** depinde de distanţa dintre cilindri şi aşezarea lor. Prin dispunerea cilindrilor în „V" se reduce lungimea acestuia cu 30—40%. Lungimea şi rigiditatea **a.c.** depind şi de numărul fusurilor-palier. La motoarele cu aprindere prin comprimare, numărul fusurilor-palier este $Z+1$, unde Z este numărul de coturi. La motoarele cu aprindere prin scînteie, numărul fusurilor-palier poate fi redus (fig. A.104), deoarece solicitarea produsă de forţa de presiune a gazelor este mai mică.

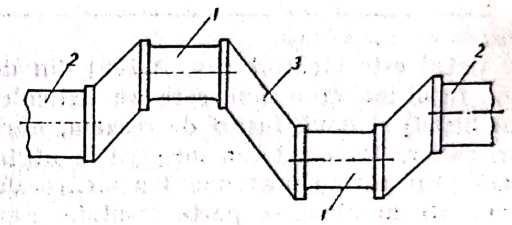


Fig. A.104. Arbore cotit cu număr redus de paliere pentru motoare cu aprindere prin scînteie: *1* — fus-maneton; *2* — fus-palier; *3* — braţ intermediar.

Fusurile-palier sînt cilindrice, avînd în general acelaşi diametru, lungimea lor fiind în raport cu încărcarea. De exemplu, la arborii cotiţi cu $Z+1$ fusuri-palier, palierele intermediare sînt mai scurte decît cele externe sau medii. Date privind determinarea diametrului şi lungimii fusurilor-palier, pentru unele tipuri de motoare, sînt prezentate în tabelul A.27 (conform dimensiunilor din fig. A.105). La motoarele lente, fusurile-palier sînt pline, iar la motoarele cu încărcări mari pe fusuri, acestea sînt inelare, asigurînd o mai bună repartizare a fluxului de forţe. Pentru a preveni expulzarea peliculei de ulei dintre fus şi cuzinet, se procedează la verificarea fusului la presiune şi încălzire sub influenţa rezultantei $R_{P\,max}$; forţa $R_{P\,max}$ se determină din diagrama polară, ca rezultat al însumării încărcărilor adiacente fusului respectiv. În tabelul A.28 sînt prezen-

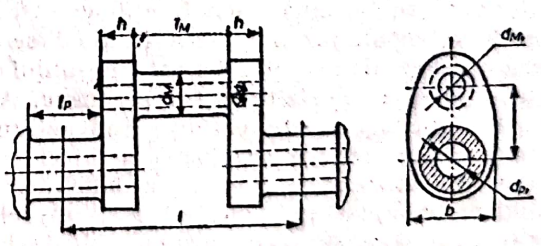


Fig. A.105. Dimensiunile caracteristice ale unui cot de arbore cotit.

Dimensiunile uzuale ale elementelor arborilor cotiți *Tabelul A.27*

Dimensiunea caracteristică	MAS în linie	MAS în V	MAC în linie	MAC în V
Lungimea cotului sau deschiderea dintre reazeme (l)	$(1,10-1,25)D$*	$(1,2-1,4)D$	$(1,10-1,40)D$	$(1,2-1,4)D$
Diametrul fusului-palier (d_p)	$(0,6-0,8)D$	$(0,63-0,75)D$	$(0,7-0,9)D$	$(0,7-0,75)D$
Lungimea fusului-palier (l_p) — paliere intermediare	$(0,5-0,6)d_p$	$(0,4-0,7)d_p$	$(0,45-0,6)d_p$	$(0,4-0,65)d_p$
— paliere extreme sau medii	$(0,74-0,84)d_p$	$(0,7-0,88)d_p$	$(0,7-0,85)d_p$	$(0,65-0,86)d_p$
Diametrul fusului-maneton (d_M)	$(0,55-0,7)D$	$(0,57-0,66)D$	$(0,64-0,75)D$	$(0,65-0,72)D$
Lungimea fusului-maneton (l_M)	$(0,45-0,65)d_M$	$(0,8-1,1)d_M$	$(0,7-1,0)d_M$	$(0,8-1,0)d_M$
Diametrul interior (d_{Mi})	$(0,6-0,8)d_M$	$(0,6-0,8)d_M$	$(0,6-0,75)d_M$	$(0,6-0,75)d_M$
Grosimea brațului (h)	$(0,15-0,35)d_M$	$(0,15-0,35)d_M$	$(0,20-0,35)d_M$	$(0,20-0,35)d_M$
Lățimea brațului (b)	$(0,17-1,9)d_M$	$(1,7-1,9)d_M$	$(1,5-2,0)d_M$	$(1,5-2,0)d_M$
Raza de racordare (ρ)**	$(0,06-0,1)d_M$	$(0,06-0,08)d_M$	$(0,07-0,1)d_M$	$(0,07-0,09)d_M$

* D — alezajul cilindrului
** ρ — nu poate fi mai mic decît 2—3 mm

Tabelul A.28

Relațiile de calcul ale fusurilor de palier, la presiune specifică și încălzire

Mărimea caracteristică	Relația de calcul	Valoarea admisibilă
Presiunea specifică maximă pe fusul-palier (indicele p) și fusul-maneton (indicele M)	$p_{p_{MAX}} = \frac{R_{p_{max}}}{d_p \cdot l_p}$ $p_{M_{max}} = \frac{R_{M_{max}}}{d_M \cdot l_M}$	MAS: 150—600 N/cm² MAC: 400—1 300 N/cm² MAS: 300—630 N/cm² MAC: 600—1 300 N/cm²
Presiunea specifică medie	$p_{p_m} = \frac{R_{p_m}}{d_p \cdot l_p}$ $p_{M_m} = \frac{R_{M_m}}{d_M \cdot l_M}$	MAS: 100— 50 N/cm² MAC: 100—500 N/cm² MAS: 200—500 N/cm² MAC: 200—700 N/cm²
Coeficientul de uzură (pentru verificarea la încălzire)	$p_{p_m} \cdot \omega_p = p_{p_m} \frac{\pi \cdot d_p \cdot n}{60}$ $p_{M_m} \omega_M = p_{M_m} \cdot \frac{\pi \cdot d_M \cdot n}{60}$	1 500—2 500 N/cm² · s (uneori ≃ 1 400)

tate relaţiile de calcul ale presiunii specifice medii şi coeficientului de uzură. Fusurile-palier sînt solicitate, de asemenea, la răsucire şi încovoiere. Încovoierea fiind nesemnificativă pentru lungimea curentă a fusurilor-palier, se ia în considerare numai răsucirea. Aceasta, fiind o încărcare variabilă, solicită fusul la oboseală. De aceea, pentru fusurile-palier trebuie să se precizeze valoarea coeficientului de siguranţă la oboseală, în zona racordării fusului la braţ.

Fusurile-maneton sînt elemente cilindrice de acelaşi diametru şi aceeaşi lungime, deoarece mecanismele bielă-manivelă sînt identice pentru toţi cilindrii. Pentru îmbunătăţirea comportării la oboseală, se realizează o suprapunere a secţiunilor fusurilor-maneton şi -palier (fig. A.106). Verificarea fusurilor-maneton la presiune şi încălzire se face conform tabelului A.28.

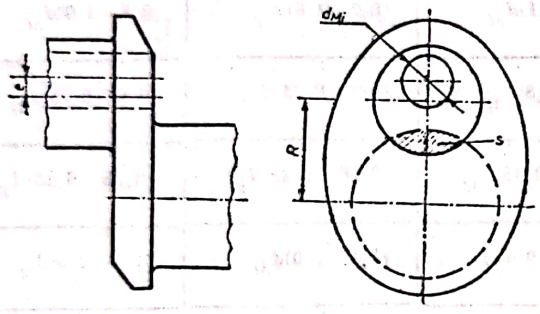


Fig. A.106. Suprapunerea secţiunilor fusurilor-palier şi -maneton.

Fusurile a.c. se ung întotdeauna sub presiune. Orificiul de alimentare cu ulei se practică pe suprafaţa fusului, în zona în care presiunea specifică are valoarea minimă (fig. A.107). De la fusurile-palier uleiul este dirijat către fusurile-maneton, prin găurile din braţe. Dacă fusurile sînt găurite, pentru a preveni pierderea uleiului, se etanşează capetele fusurilor cu capace înşurubate (fig. A.108). Circulaţia uleiului către fusul-maneton este posibilă prin canalul de legătură practicat în braţele a.c.

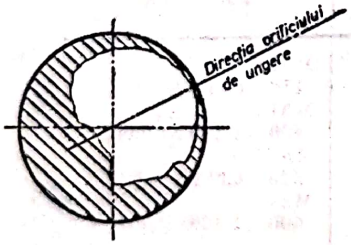


Fig. A.107. Poziţia orificiului de alimentare cu ulei în fusurile arborelui cotit.

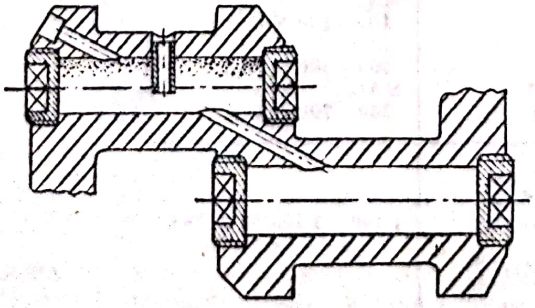


Fig. A.108. Arbore cotit cu orificii de ungere.

Braţele a.c. pot fi de formă paralelipipedică (fig. A.109 a), care prezintă avantajul unei prelucrări simple, însă şi dezavantajul unei greutăţi mai mari. Pentru uşurarea arborelui se îndepărtează materialul din colţurile care nu participă la transmiterea eforturilor, realizîndu-se un braţ de forma celui din fig. A.109 b. Pentru reducerea lungimii arborelui se micşorează grosimea h (fig. 109 c), iar pentru a avea o secţiune mai mare, se măreşte lăţimea b a braţului. Se ajunge, astfel, la braţul de formă eliptică sau chiar circulară (fig. A.109 d), forme care au o acţiune favorabilă asupra rezistenţei la oboseală.

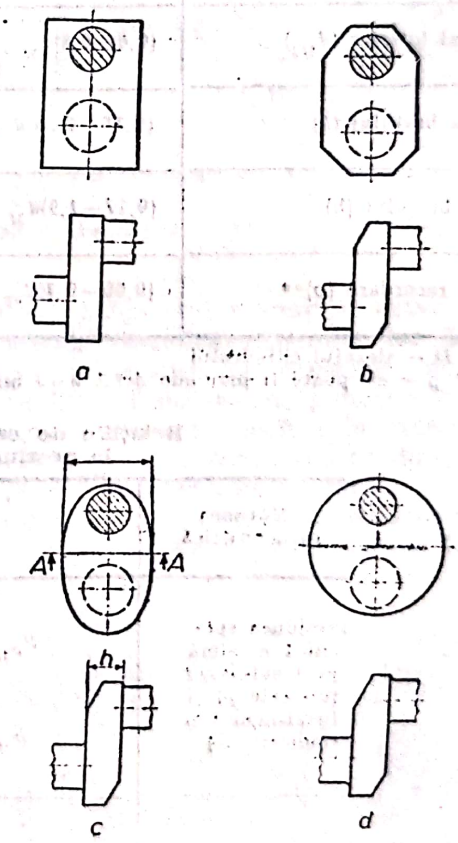


Fig. A.109. Variante constructive de braţe pentru arbori cotiţi.

Uneori, pentru a obţine o reducere sensibilă a lungimii a.c. se elimină fusurile-palier. În acest caz, drept lagăre principale, se folosesc braţele a.c. (fig. A.103), care se execută sub formă circulară şi se montează pe rulmenţi. Zona de trecere de la braţ la fus constituie un important concentrator de tensiune. Pentru diminuarea eforturilor unitare în această zonă, trecerea se realizează printr-un prag p şi prin-

Scanned with OKEN Scanner

tr-o racordare ρ (fig. A.110). La mărirea razei de racordare ρ, tensiunile din zona braţ—fus se reduc sensibil. Mărirea razei de racordare

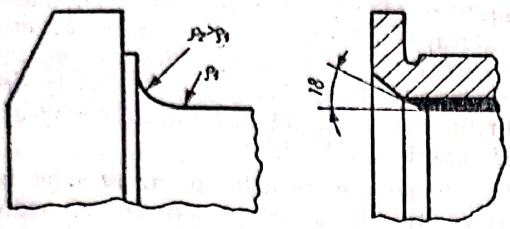


Fig. A.110. Detalii de construcţie pentru montarea lagărelor pe fusurile arborelui cotit.

implică, însă, reducerea lungimii cuzinetului şi deci, a suprafeţei portante a acestuia. Pentru a atenua acest efect, racordarea este realizată cu două sau trei raze de racordare, iar capetele cuzinetului se execută tronconic (fig. A.110). Această soluţie conduce la creşterea preţului de cost al fabricaţiei. Braţul **a.c.** este solicitat la încovoiere, întindere, compresiune şi răsucire. Încovoierea se produce în două planuri: în planul cotului (după axa $u—v$; fig. A.111) şi în plan normal pe planul cotului (după axa $x—y$). Solicitarea de încovoiere produce eforturi unitare maxime în punctul x, la care se adaugă eforturile unitare normale de întindere sau compresiune produse de forţa normală care acţionează în secţiunea de calcul. Pentru verificarea la oboseală a braţului se consideră şi solicitarea la răsucire a secţiunii de calcul (în punctul x).

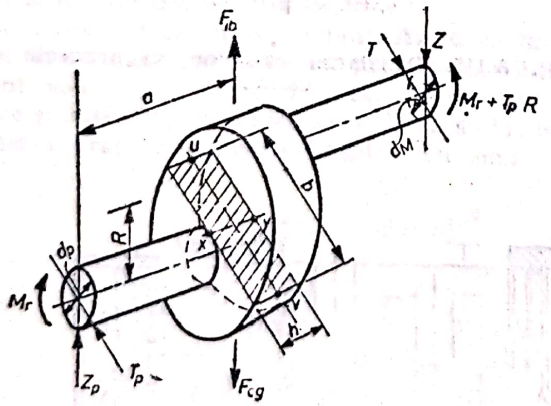


Fig. A.111. Schema solicitărilor în fusuri şi braţ.

În prelungirea braţelor se prevăd contragreutăţi, care servesc la echilibrarea forţelor de inerţie ale maselor în mişcare şi a momentelor lor. Totodată, prin contragreutăţi se descarcă lagărele de forţe şi momente şi se obţine o funcţionare mai liniştită. Contragreutăţile pot face corp comun cu braţul **a.c.** sau pot fi demontabile. În primul caz, contragreutatea trebuie să aibă o formă cît mai simplă (fig. A.112 a). La contragreutăţile demontabile, prinderea de braţ se face prin coadă de rîndunică sau prin şuruburi cu cap hexagonal (fig. A.112 b).

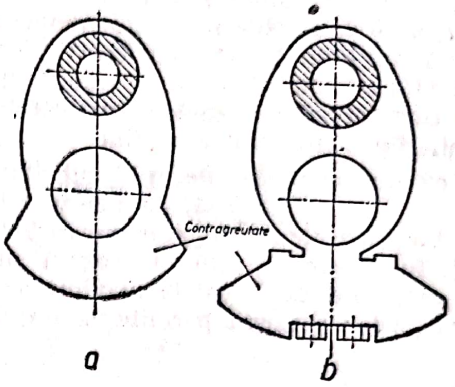


Fig. A.112. Forme constructive de contragreutăţi.

ARBORE CU CAME. Organ de maşină în formă de arbore, prevăzut cu una sau mai multe came, dispuse în lungul său, în general, decalate între ele; **a. cu c.** poate transforma o mişcare de rotaţie într-o mişcare rectilinie oscilantă. **A. cu c.** se utilizează la mecanismul de distribuţie al maşinilor termice la care schimbul de gaze se realizează prin supape şi la pompele de injecţie individuale sau monobloc, care echipează sistemele de injecţie ale motoarelor de ardere internă şi care folosesc cîte un element de pompare, pentru fiecare cilindru al motorului.

A. cu c. utilizat la mecanismul de distribuţie al motoarelor cu ardere internă se mai numeşte şi arbore de distribuţie; în acest caz, **a. cu c.** are rolul de a comanda deschiderea şi închiderea supapelor, determinînd totodată legea de mişcare a acestora. La unele tipuri de motoare, arborele de distribuţie este utilizat şi pentru antrenarea diferitelor agregate auxiliare, montate pe motor (pompa de benzină, distribuitorul, pompa de ulei, pompa de injecţie etc.). În timpul funcţionării, **a. cu c.** este supus la solicitări de încovoiere, datorită forţelor care apar pe came, în momentul deschiderii supapelor. Forţele de frecare pe came şi momentul rezistent introdus de agregatele antrenate solicită arborele de distribuţie la torsiune. Frecarea dintre camă şi tachet supun cuplul camă-tachet la un proces de uzură. Datorită acestor solicitări, **a. cu c.** trebuie să fie suficient de rigid şi să posede o înaltă rezistenţă la uzură a camelor şi fusurilor de sprijin. Materialele care satisfac cel mai bine condiţiile impuse sînt oţelul şi fonta specială; se folosesc oţelurile carbon de calitate sau uşor aliate (cu Cr, Mn, Si şi, uneori, Ni) de tipul OLC 10, OLC 15, 15 CO 8., 18 MC 10 şi oţeluri de cementare sau de îmbunătăţire de tipul OLC 45 X, OLC 55 X, 45 C 10, 31 M 16. Fonta utilizată pentru fabricarea **a. cu c.** este elaborată special, ca fontă

Scanned with OKEN Scanner

aliată (cu Cr, Mn, Va, Ni, Cu) sau ca fontă cu grafit nodular. Suprafeţele **a. cu c.** expuse uzurii (camele şi fusurile) se supun tratamentelor termice sau termochimice de călire sau cementare. Duritatea acestor suprafeţe trebuie să fie cuprinsă în limitele 54—62. HCR. **A. cu c.** (fig. A.113) este prevăzut cu fusurile de sprijin, între care se găsesc camele prelucrate, în general, din materialul arborelui.

A. cu c. se montează fie în blocul cilindrilor (în carter), fie pe chiulasă, paralel cu arborele cotit. La montarea arborelui în carter (fig. A.114), fusurile de sprijin se execută cu diametre mai mari decît cotele maxime ale vîrfurilor camelor, pentru a permite montajul prin

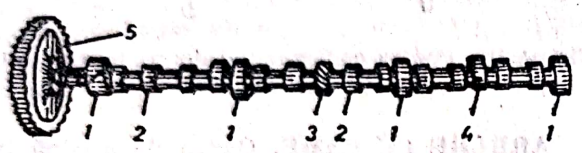


Fig. A.113. Arbore cu came:
1 — fusuri de sprijin; *2* — came; *3* — roată dinţată pentru antrenarea pompei de ulei şi a delcoului; *4* — excentric; *5* — roată de antrenare.

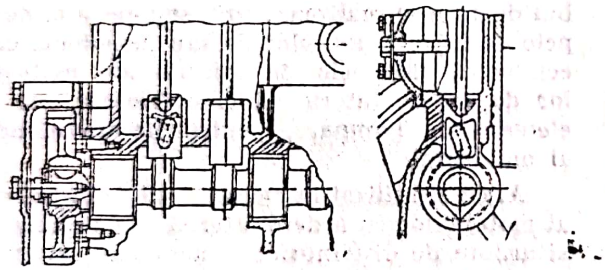


Fig. A.114. Detalii de montare pentru arborele cu came.

deplasarea axială. **A. cu c.** montaţi în chiulasă se sprijină pe lagăre care fac corp comun cu chiulasa (fig. A.115), sau pe lagăre demontabile.

Diametrul **a. cu c.** se stabileşte din condiţii de rigiditate şi este cca (0,2—0,3) *D*, unde *D* este alezajul cilindrului. Lungimea **a. cu c.** între fusurile de sprijin extreme este egală cu cea a arborelui cotit. Numărul total al fusurilor de sprijin se determină din condiţia respectării săgeţii maxime admisibile.

Fixarea poziţiei camelor pe **a. cu c.** se face, ţinînd seama de numărul cilindrilor, ordinea de aprindere şi fazele de distribuţie. De exemplu, pentru un motor diesel în patru timpi, cu patru cilindri în linie, avînd ordinea de aprindere 1—3—4—2, decalarea camelor pe **a. cu c.** se face în felul următor: cama de evacuare a primului cilindru se plasează astfel, încît axa de simetrie a camei să treacă prin canalul de pană de pe **a. cu. c.** (fig. A.116). Axa de simetrie a camei de admisie a primului cilindru se decalează în raport cu axa de simetrie a camei

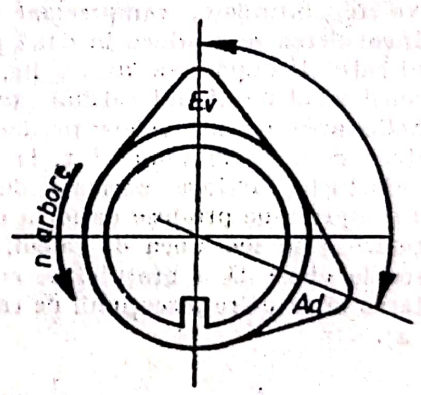


Fig. A.116. Decalarea camelor pe arborele cu came.

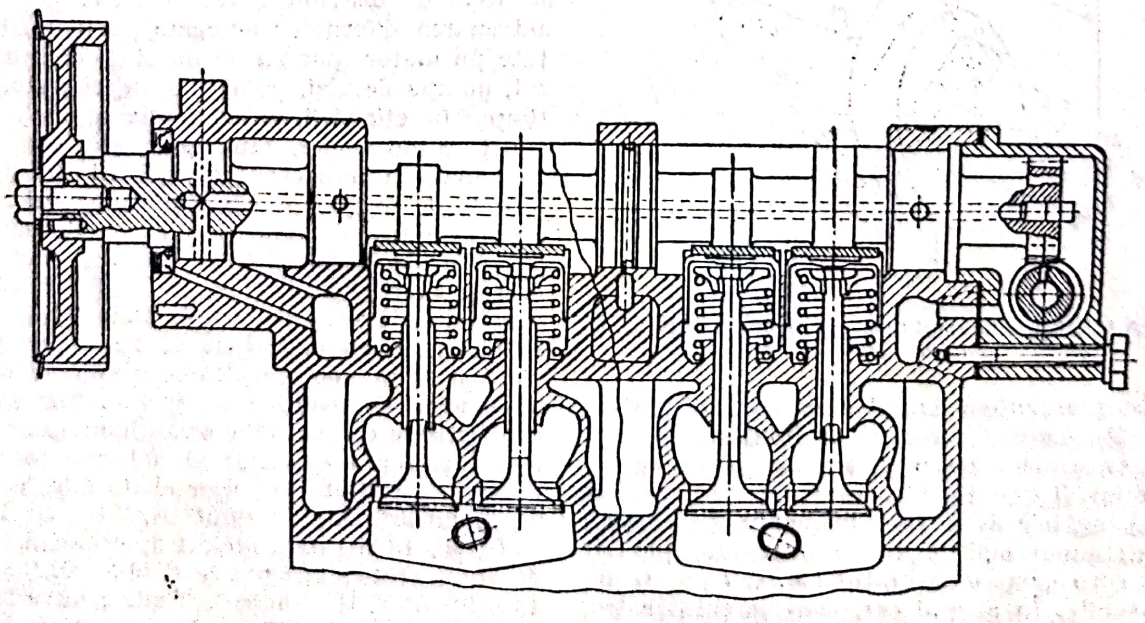


Fig. A.115. Arbore cu came montat în chiulasă.

de evacuare a aceluiași cilindru cu unghiul:

$$\psi = 0{,}25(360 + \alpha_{DSE} + \alpha_{ISA} - \alpha_{ISE} - \alpha_{DSA}),$$

unde: α_{DSE}, α_{DSA}, α_{ISE}, α_{ISA} reprezintă avansurile și întîrzierile la deschiderea, respectiv la închiderea supapelor de evacuare și admisie. Cama de evacuare a cilindrului *3* se decalează cu $90° \left(\frac{1}{2} \cdot \frac{4\pi}{i} = \frac{1}{2} \cdot \frac{4 \cdot 180}{4} = 90 \right)$; $\frac{4\pi}{i}$ este perioada funcțională a motorului în patru timpi, iar $i = 4$, numărul de cilindri; s-a împărțit prin 2, întrucît s-a luat în considerație turația arborelui de distribuție, în sens opus sensului de rotație al arborelui de distribuție) în raport cu aceeași camă a primului cilindru; camele de evacuare ale cilindrilor *4* și *2* se decalează cu 180° și respectiv 270° față de cama de evacuare a cilindrului *1*. La fel se decalează și camele de admisie.

Acționarea **a. cu c.** depinde de locul de montaj al acestuia și de tipul motorului. **A. cu c.** montat în blocul de cilindri este acționat, în general, printr-o transmisie cu roți dințate, direct de la arborele cotit, sau printr-un angrenaj intermediar. Cînd distanța dintre **a. cu c.** și arborele cotit este mare, se introduce un tren de roți intermediare sau o transmisie cu lanț. **A. cu c.** montat în chiulasă este antrenat prin transmisie cu lanț sau cu o curea dințată. Transmisia cu axe și roți dințate conice se utilizează la motoarele rapide supraalimentate, cu una sau mai multe linii de cilindri. În fig. A.117 sînt prezentate cîteva soluții constructive de antrenare a **a. cu c.**

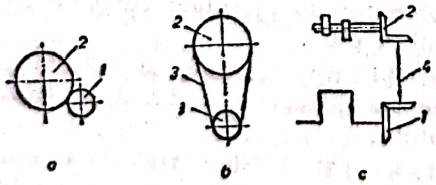


Fig. A.117. Soluții constructive de antrenare a arborelui cu came:
a — transmisie cu roți dințate; *b* — transmisie cu lanț sau curea; *c* — transmisie cu axe și roți dințate conice; *1* — roată conducătoare; *2* — roată condusă; *3* — lanț (curea); *4* — axă cu roți conice.

A. cu c. al pompelor de injecție conține camele de injecție care acționează asupra pistonașelor plonjoare. La pompele monobloc cu mai multe secțiuni, **a. cu c.** se montează în corpul pompei (fig. A.118), sprijinindu-se pe doi rulmenți cu două role conice. Antrenarea **a. cu c.** se face de la arborele cotit, printr-un angrenaj cu raportul de transmisie 1 : 2.

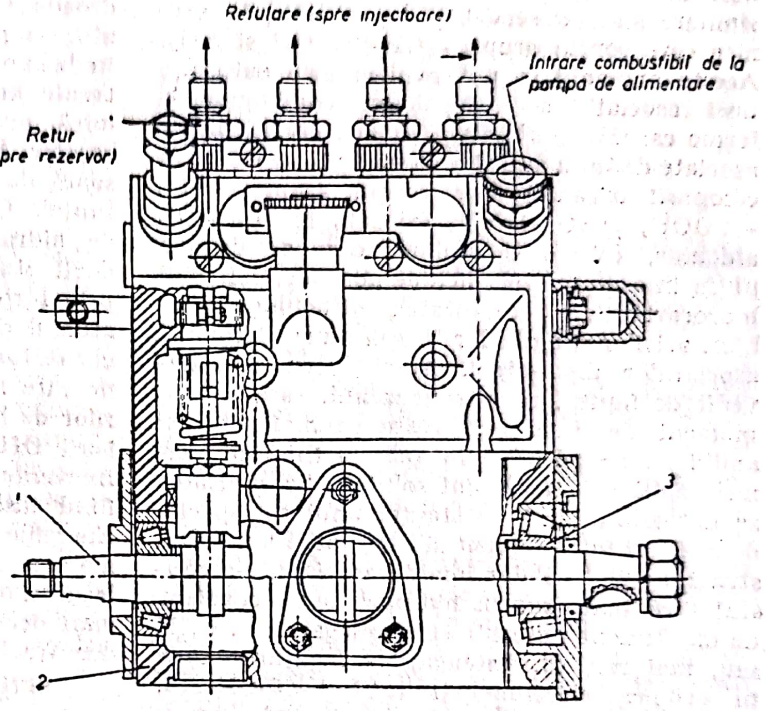


Fig. A.118. Arbore cu came pentru pompă de injecție monobloc:
1 — arbore cu came; *2* — corpul pompei; *3* — rulmenți; *4* — tachet cu rolă; *5* — pistonaș plonjor.

Camele de injecție se prelucrează, în cele mai multe cazuri, din materialul arborelui. Camele de injecție sînt astfel decalate, încît să asigure ordinea de injecție necesară.

ARDERE (v. Proces de ardere).

ARMĂTURĂ. Nume generic dat organelor de distribuție, supraveghere sau siguranță, montate pe o conductă sau la un utilaj termic.

A. pentru conducte. Acestea sînt: coturi, curbe, reduceri de secțiune, mufe de îmbinare, teuri de derivație, vane, ventile, robinete etc.

A. pentru utilaje termice. Totalitatea aparatelor de măsură, control și siguranță necesare exploatării. Ele sînt: manometre, termometre, debitmetre, ventile de siguranță, supape, indicatoare de nivel, indicatoare de tiraj, analizoare de gaze etc.

ARZĂTOR (v. Instalație de ardere).

ASOCIAȚIE MOLECULARĂ. Interacțiune puternică între moleculele unor substanțe lichide, avînd ca efect asocierea unor grupe de molecule. Proprietățile anumitor lichide pot fi

explicate numai prin existența unor interacțiuni între moleculele lor. Astfel, H_2O, HF, NH_3 au proprietăți diferite de cele ale hidrurilor elementelor vecine din sistemul periodic: CH_4 PH_3, H_2S, HBr etc., temperaturile de topire și fierbere, densitatea, capacitatea calorică și căldura de vaporizare fiind mai ridicate. Anomalii similare s-au observat și la substanțele orgnice care conțin grupe —OH—COOH și NH_2. Aceste anomalii se pot explica prin existența unei asociații a moleculelor, conducînd la forme ca: $(HF)_n$, $(H_2O)_n$, $(ROH)_n$ etc. Lichidele asociate de tipul arătat sînt solvenți buni pentru compușii organici care conțin grupe —OH, —COOH, C=O și NH_2 (alcooli, fenoli, acizi, aldehide, cetone și amine), care se dizolvă puțin în așa-numitele lichide normale, cum sînt hidrocarburile. Solubilitatea alcoolilor, fenolilor, acizilor și aminelor în apă nu se datorează asociațiilor dipol-dipol. Acest lucru este dovedit de faptul, că nitrobenzenul, care are un moment de dipol mai mare decît fenolul și anilina, nu se dizolvă în apă, în timp ce ultimele două substanțe sînt solubile. Solubilitatea se datorează, deci, existenței unui tip special de legături între solvent și dizolvat. Examinînd structura moleculelor lichide asociate, s-a constatat că toate conțin hidrogen legat covalent de un element puternic electronegativ: C, O, N sau, mai rar, Cl. Intensitatea legăturii scade în ordinea electronegativității F<O<N<Cl. Legătura se face prin atomul de hidrogen și de aceea se numește *legătură de hidrogen*. Hidrogenul este legat covalent de un atom electronegativ și printr-o legătură de tip special, notată printr-o linie punctată, de alt atom electronegativ, identic sau diferit de primul, deci forma generală a unei legături de hidrogen este $X—H\ldots Y$, unde cu X și Y s-au notat atomii electronegativi. Atomul de hidrogen, avînd numai orbitalul 1*s* poate forma o singură legătură cu un alt element; deci, legătura de hidrogen nu poate fi o legătură covalentă. Atomul de hidrogen legat covalent prezintă însă o particularitate, și anume, norul electronic din jurul său este foarte subțire, sarcina pozitivă a nucleului fiind ecranată spre exterior numai de doi electroni. În plus, în cazul cînd atomul de care este legat covalent hidrogenul este puternic electronegativ, norul electronic este atras spre acesta — legătura $X—H$ este polarizată, iar nucleul H este mai puțin ecranat, putînd exercita o forță de atracție asupra unui alt atom electronegativ Y. Atracția este cu atît mai puternică, cu cît volumul lui Y este mai mic. Protonul slab ecranat își exercită atracția asupra uneia din perechile de electroni neparticipanți la legătura chimică din atomul Y și, ca urmare, legătura de hidrogen este lineară. Legătura de hidrogen este, deci, de natură electrostatică propriu-zisă, fiind determinată de prezența unui atom de hidrogen legat covalent de un atom foarte electronegativ și de existența în imediata apropiere a unui al doilea atom electronegativ.

Cele mai des întîlnite legături de hidrogen, în ordinea importanței sînt: O—H . . . O; N—H . . . O; F—H . . . F.

Dovezi asupra existenței legăturilor de hidrogen s-au adus, măsurînd distanțele interatomice prin difracția razelor X și din spectrele în infraroșu. Deoarece densitatea norului electronic din jurul nucleului de hidrogen este prea mică, nu se produce o difracție detectabilă a razelor X și metoda difracției razelor X măsoară de obicei numai distanța $X\ldots Y$. Distanțele O . . . O, în cazul existenței legăturilor de hidrogen, sînt cu 0,33—0,65 Å mai mici decît atunci cînd aceștia sînt uniți în cristale prin forțe Van der Waals. S-a demonstrat că atomul de hidrogen se găsește exact la mijlocul distanței între cei doi atomi electronegativi pe care îi leagă. Ca urmare a formării legăturilor de hidrogen, vibrația de întindere a legăturii OH — de exemplu — se deplasează spre frecvențe mai mici (lungimi de undă mai mari), fiind însă de o lățime pronunțată a benzii. Energiile de legătură variază între 4 și 7 kcal/mol; deci, sînt mult mai mici decît energiile legăturilor covalente (30—100 kcal/mol) și mai mari decît energiile legăturilor prin forțe Van der Waals.

ASPIRAȚIE. Intrare liberă a unui fluid în mașina sau utilajul care îl folosește, datorită depresiunii din interiorul acesteia (ex.: aspirația amestecului aer-combustibil într-un motor cu aprindere prin scînteie; aspirația aerului într-un ventilator centrifugal sau axial; intrarea liberă a aerului necesar arderii într-un cazan sau instalație de ardere, pe baza depresiunii create în focar etc.). Prin **a.** se mai înțelege deplasarea unui fluid printr-un canal sau conductă, provocată de existența în aval a unei depresiuni (ex.: curgerea lichidelor, gazelor și a suspensiilor printr-o conductă supusă unei diferențe de presiune; curgerea fluidelor prin ajutaje etc.).

ATMOSFERĂ. Unitate de măsură pentru presiune. Se deosebesc: **a.** fizică, **a.** tehnică și **a.** absolută.

A. fizică (Atm) (Sin.: **Atmosferă standard; Atmosferă normală**) este presiunea exercitată de o coloană de mercur cu înălțimea de 760 mm și secțiunea de 1 cm^2, avînd densitatea de 13 595,1 kg/m^3 la temperatura de 0°C, într-un loc în care accelerația gravitațională este de 9,80665 m/s^2.

$$1\ Atm=\rho\cdot g\cdot h=13\,595{,}1\cdot 9{,}80665\cdot 0{,}76=$$

$$=1{,}01325\cdot 10^5\ N/m^2$$

$$1\ Atm=1{,}01325\cdot 10^5\cdot 9{,}80665=1{,}0332275\cdot$$

$$\cdot 10^4\ kgf/m^2=1{,}033\ kgf/cm^2$$

Scanned with OKEN Scanner

A. tehnică (at) este unitatea de măsură pentru presiune, egală cu 1 kgf/cm².

$$1 \text{ at} = 1 \text{ kgf/cm}^2 = 9{,}80665 \cdot 10^4 \text{ N/m}^2.$$

Din relațiile de transformare, rezultă că **a. tehnică** corespunde presiunii exercitate de o coloană de mercur cu înălțimea de 735,559 mm în aceleași condiții ca și la **a. fizică**.

A. absolută (ata) este unitatea de măsură pentru presiunea absolută, exprimată în **a. tehnice**.

Relațiile de transformare ale unităților de presiune, inclusiv pentru sistemul anglo-saxon, sînt indicate în tabelul A.29.

ATOMICĂ (Masă). Raport dintre masa atomului din substanța considerată și a 12-a parte din masa izotopului ^{12}C.

În 1799, *L. Proust* a elaborat *legea proporțiilor constante* care stabilește, că elementele se combină în raporturi de masă constante; aceste raporturi au fost numite echivalenți chimici. Conform teoriei atomice, *echivalenții chimici* ai elementelor reprezintă cantitatea în grame, care se combină cu 1 g hidrogen sau cu 8 g oxigen. *Legea proporțiilor multiple* (*J. Dalton*, 1808) arată, că multe elemente au, în diferite combinații, echivalenți cu valori deosebite. Masa atomului este egală numai cu unul dintre echivalenți sau cu un multiplu întreg al acestuia. Dalton a ales ca unitate pentru masele atomice masa atomului de hidrogen, H=1. Datorită faptului că relativ puține elemente se combină în proporții definite cu hidrogenul, această unitate a fost părăsită și s-au determinat echivalenții în raport cu masa oxigenului O=16,000. În urma perfecționării metodelor de determinare a maselor atomice, s-a constatat că echivalentul oxigenului nu este exact 8, ci 7,930 și, deci, masa atomică a oxigenului față de H=1,000 este 15,870. Pentru a nu recalcula masele atomice, prin convenția internațională din 1865, s-au menținut valorile determinate pe baza O=16,000 și s-a atribuit hidrogenului masa H=1,008. Descoperirea spectroscopiei de masă a arătat, că oxigenul este un amestec de trei izotopi; masele atomice determinate prin această metodă au fost raportate la masa izotopului $^{16}O=16{,}000$. Masele atomice determinate anterior erau raportate, însă, la masa amestecului de izotopi O=16,000. Ca rezultat al acestei situații, o perioadă de timp s-au utilizat două scări diferite pentru masele atomice: scara fizică și scara chimică.

În anul 1961, Uniunea internațională de chimie pură și aplicată (IUPAC) a hotărît adoptarea unei scări unice pentru masele atomice, bazată pe izotopul carbonului $^{12}C=12{,}000$. În această scară, unitatea de masă atomică relativă — notată UM — este 1/12 din masa izotopului ^{12}C. *Masa atomică este, deci, o mărime adimensională (relativă) care arată de cîte ori masa unui atom este mai mare decît unitatea de masă atomică.* În tabelul A.30 sînt indicate masele atomice ale celor 103 elemente descoperite pînă în prezent, în ordine alfabetică. Acestea reprezintă valorile medii corespunzătoare amestecurilor de izotopi în proporțiile în care apar în natură. Pentru elementele radioactive s-a dat numai masa izotopului cel mai stabil (cu viața cea mai lungă), iar valorile sînt scrise în paranteze. Masele atomice, în scara $^{12}C=12{,}000$, date în tabelul A.30 sînt determinate cu o precizie cuprinsă între ± 1 și ± 3, referitoare la ultima zecimală, conform datelor oficiale IUPAC din 1969.

ATOMIZOR (Sin.: **Uscător prin pulverizare**). Uscător cu acțiune continuă în care materialul lichid de uscat este pulverizat fin, uscarea producîndu-se în timp ce materialul este în suspensie în agentul de uscare. Se compune (fig. A.119) dintr-o cameră în care materialul este pulverizat odată cu agentul de uscare, aerul. Datorită dispersiei foarte înaintate a materialului, se obține o suprafață mare de contact între acesta și agentul de uscare, ceea ce permite să se reducă durata uscării la intervale de timp de la cîteva zecimi de secundă pînă la cîteva secunde și să se obțină o uscare foarte intensă (umiditatea finală a materialului poate cobori sub 1%). Timpul scurt de contact între material și agentul de uscare permite ca acesta să prezinte temperaturi foarte înalte (cîteva sute de grade), fără ca materialul să sufere vreo degradare (temperatura lui nu are timp să depășească temperatura de evaporare a umidității). Materialul uscat se depune sub formă de pulbere la baza

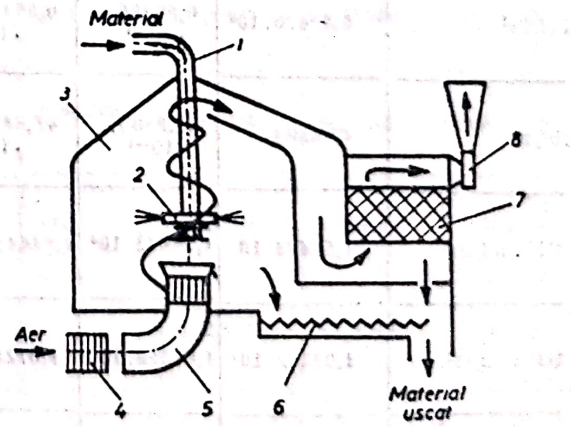


Fig. A.119. Atomizor:
1 — conductă de alimentare; *2* — pulverizator; *3* — cameră de uscare; *4* — baterie de încălzire; *5* — conductă de aer; *6* — transportor; *7* — filtru; *8* — exhaustor.

camerei, de unde este evacuat cu un transportor. Agentul de uscare trece printr-un filtru care reține particulele antrenate de material și este evacuat de un exhaustor. Filtrul este scuturat periodic pentru a nu se îmbîcsi, iar

Unități de măsură a presiunii —

	1 Pa = N/m²	N/cm²	bar	kgf/m²	1 kgf/cm² = = 1 at	mm H_2O	1 mm Hg = 1 torr
1 Pa = 1 N/m²	1	10^{-4}	10^{-5}	1,01972. $\cdot 10^{-5}$	1,01972.10^{-5}	1,01972.10^{-1}	7,50062.10^{-3}
N/cm²	10^{4}	1	10^{-1}	1,01972.10^{3}	1,01972.10^{3}	1,01972.10^{3}	7,50062.10^{-1}
Bar	10^{5}	10^{1}	1	1,01972.10^{4}	1,01972	1,01972.10^{4}	7,50062.10^{2}
kgf/m²	9,80665	9,80665. $\cdot 10^{-4}$	9,80665. $\cdot 10^{-5}$	1	10^{-4}	1	735,559.10^{-4}
1 kgf/cm² = 1 at	9,80665.10^{4}	9,80665	9,80665. $\cdot 10^{-1}$	10^{4}	1	10^{4}	735,559
mm. H_2O	9,80665	9,80665. $\cdot 10^{-4}$	9,80665. $\cdot 10^{-5}$	1	10^{-4}	1	735,559 10^{-}
1 mm Hg = = 1 torr	133,322	133,322. $\cdot 10^{-4}$	133,322. $\cdot 10^{-5}$	43,595,1	13,5951.10^{-4}	13,5951	1
Atm	1,01325.10^{5}	1,01325.10	1,01325	1,03323.10^{4}	1,03323	1,03323 $\cdot 10^{4}$	760
pdl/ft²	1,48816	1,46816. $\cdot 10^{-4}$	1,48816. $\cdot 10^{-5}$	1,51750. $\cdot 10^{-1}$	1 517,50.10^{-5}	1,51750 $\cdot 10^{-1}$	0,0111621
lbf/in²	6,89476.10^{3}	6,89476. $\cdot 10^{-4}$	6,89476. $\cdot 10^{-2}$	7,03070.10^{2}	7,03070.10^{-2}	7,03070 $\cdot 10^{-2}$	51,7149
lbf/ft²	47,8803	47,8803. $\cdot 10^{-4}$	47,8803. $\cdot 10^{-5}$	4,88243	4,88243.10^{-4}	4,88243	0,359131
UK tonf/in²	1,54443.10	1,54443.10^{3}	1,54443.10^{2}	157,488.10^{4}	157,488	157,488 $\cdot 10^{1}$	115 842
UK tonf/ft²	1,07252.10^{5}	1,07252.10	1,07252	1,09366.10^{4}	1,09366	1,09366 $\cdot 10^{1}$	804,452
in. H_2O	2,49089,10^{2}	2,49089. $\cdot 10^{-2}$	2,49089. $\cdot 10^{-3}$	25,4	25,4.10^{-1}	25,4	1,86832
ft. H_2O	29,8907.10^{2}	29,8907. $\cdot 10^{-2}$	29,8907. $\cdot 10^{-3}$	304,8	304,8.10^{-4}	4,8	22,4198
in. Hg	33,8639.10^{2}	33,8639. $\cdot 10^{-2}$	33,8639. $\cdot 10^{-3}$	345,316	345,316.10^{-4}	345,316	25,4

Scanned with OKEN Scanner

Relații de transformare

Tabelul A.29

Atm	pdl/ft²	lbf/in²	lbf/ft²	U.K. tonf/in²	U.K. tonf/ft²	in. H_2O	ft. H_2O	in. Hg
$9{,}86923 \cdot 10^{-6}$	$6{,}71969 \cdot 10^{-1}$	$1{,}45038 \cdot 10^{-4}$	$2{,}08854 \cdot 10^{-2}$	$6{,}47490 \cdot 10^{-6}$	$9{,}32385 \cdot 10^{-6}$	$4{,}01463 \cdot 10^{-3}$	$3{,}34553 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 95300 \cdot 10^{-4}$
$9{,}8623 \cdot 10^{-2}$	$6{,}71969 \cdot 10^{3}$	1,45038	$2{,}08854 \cdot 10^{2}$	$6{,}47490 \cdot 10^{-4}$	$9{,}32385 \cdot 10^{-2}$	$4{,}01463 \cdot 10$	3,34553	2,95300
$9{,}86923 \cdot 10^{-1}$	$6{,}71969 \cdot 10^{4}$	$1{,}45038 \cdot 10$	$2{,}08854 \cdot 10^{3}$	$6{,}4749 \cdot 10^{-3}$	$9{,}32385 \cdot 10^{-1}$	$4{,}01463 \cdot 10^{2}$	$3{,}34553 \cdot 10$	$2{,}75300 \cdot 10$
$9{,}67841 \cdot 10^{-5}$	$65\,879{,}6 \cdot 10^{-4}$	$14{,}2233 \cdot 10^{-4}$	$2{,}04816 \cdot 10^{-1}$	$6{,}34971 \cdot 10^{-7}$	$9{,}14358 \cdot 10^{-5}$	$3{,}93701 \cdot 10^{-2}$	$3{,}28084 \cdot 10^{-3}$	$28{,}9590 \cdot 10^{-4}$
$9{,}67841 \cdot 10^{-1}$	65 897,6	14,2233	$2{,}04816 \cdot 10^{3}$	$6{,}34971 \cdot 10^{-3}$	$9{,}14358 \cdot 10^{-1}$	$3{,}93701 \cdot 10^{2}$	$3{,}28084 \cdot 10^{1}$	28,9590
$9{,}67841 \cdot 10^{-5}$	$65\,897{,}6 \cdot 10^{-4}$	$14{,}2233 \cdot 10^{-4}$	$2{,}04816 \cdot 10^{-1}$	$6{,}34971 \cdot 10^{-7}$	$9{,}14538 \cdot 10^{-5}$	$3{,}93701 \cdot 10^{-2}$	$3{,}28084 \cdot 10^{3}$	28,9590,10
$1{,}31579 \cdot 10^{-3}$	89,5885	0,0193368	2,78450	$8{,}63247 \cdot 10^{-6}$	$1{,}24308 \cdot 10^{-3}$	0,536240	0,0446033	0,0393701
1	68 087,4	14,6959	2 116,22	$6{,}56067 \cdot 10^{-4}$	0,944738	406,782	33,8985	29,9213
$1{,}46870 \cdot 10^{-5}$	1	$2{,}15840 \cdot 10^{-4}$	0,0310810	$9{,}63571 \cdot 10^{-8}$	$1{,}38754 \cdot 10^{-5}$	$5{,}97441 \cdot 10^{-3}$	$4{,}97867 \cdot 10^{-4}$	$43{,}9453 \cdot 10^{-4}$
0,0680460	4 633,06	1	144	$4{,}46429 \cdot 10^{-4}$	0,0642857	27,6799	2,30666	2,03602
$4{,}72542 \cdot 10^{-4}$	32,1740	$6{,}94444 \cdot 10^{-3}$	1	$3{,}10020 \cdot 10^{-6}$	$4{,}46429 \cdot 10^{-4}$	0,19222	0,0160185	0,0141390
152,423	$1{,}03781 \cdot 10^{7}$	2 240	322 560	1	144	62003,1	5 166,93	4 560,69
1,05849	72 069,9	15,5556	2 240	$6{,}94444 \cdot 10^{-3}$	1	430,575	35,8812	31,6713
$2{,}45832 \cdot 10^{-3}$	167,381	0,0361273	5,20233	$1{,}61282 \cdot 10^{-5}$	$2{,}32248 \cdot 10^{-3}$	1	0,0833333	0,0735559
0,0294998	2 008,57	0,433527	62,4280	$1{,}93539 \cdot 10^{-4}$	0,0278697	12	1	0,882671
0,0334211	2275,56	0,491154	70,7262	$2{,}19265 \cdot 10^{-4}$	0,0315743	13,5951	1,13292	1

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul A.30

Masa atomică a corpurilor simple

Element	Simbol	Nr. atomic	Masă atomică	Element	Simbol	Nr. atomic	Masă atomică
Actiniu	Ac	89	(227)	Curiu	Cm	96	(247)
Aluminiu	Al	13	26,9815	Disprosiu	Dy	66	162,50
Americiu	Am	95	(243)	Einsteiniu	Es	99	(254)
Antimoniu	Sb	51	121,75	Erbiu	Er	68	167,26
Argint	Ag	47	107,868	Europiu	Eu	63	151,96
Argon	Ar	18	39,948	Fer	Fe	26	55,847
Arsen	As	33	749216	Fermiu	Fm	100	(253)
Astatin	At	85	(210)	Fluor	F	9	18,9984
Aur	Au	79	196,9665	Fosfor	P	15	30,9738
Azot	N	7	14,0067	Franţiu	Fr	87	(223)
Bariu	Ba	56	136,34	Gadoliniu	Gd	64	157,25
Beriliu	Be	4	9,01218	Galiu	Ga	31	69,72
Berkeliu	Bk	97	(247)	Germaniu	Ge	32	72,59
Bismut	Bi	83	208,9806	Hafniu	Hf	72	178,49
Bor	B	5	10,81	Heliu	He	2	4,00260
Brom	Br	35	79,904	Hidrogen	H	1	1,0080
Cadmiu	Cd	48	112,40	Holmiu	Ho	67	164,9303
Calciu	Ca	20	40,08	Indiu	In	49	114,82
Californiu	Cf	98	(251)	Iod	I	53	126,9045
Carbon	C	6	12,011	Iridiu	Ir	77	192,22
Ceriu	Ce	58	140,12	Kripton	Kr	36	83,80
Cesiu	Cs	55	132,9055	Lantan	La	57	138,9055
Clor	Cl	17	35,453	Lawrenciu	Lr	103	(257)
Cobalt	Co	27	58,9332	Litiu	Li	3	6,941
Crom	Cr	24	51,996	Luteţiu	Lu	71	174,97
Cupru	Cu	29	63,546	Magneziu	Mn	12	24,305
Mangan	Mn	25	54,9380	Mendeleviu	Md	101	(256)
Mercur	Hg	80	200,59	Molibden	Mo	42	95,94
Neodim	Nd	60	144,24	Neon	Ne	10	20,179
Neptuniu	Np	93	237,0482	Nichel	Ni	28	58.71
Niobiu	Nb	41	92,9064	Nobeliu	No	102	(254)
Osmiu	Os	76	190,2	Oxigen	O	8	15,9994
Paladiu	Pd	46	10,64	Platină	Pt	78	195,09
Plumb	Pb	82	207,2	Plutoniu	Pu	94	(242)
Poloniu	Po	94	(210)	Potasiu	K	19	39,102
Praseodim	Pr	59	140,9077	Prometiu	Pm	61	(147)
Protactiniu	Pa	91	231,0359	Radiu	Ra	88	226,0254
Radon	Rn	86	(222)	Reniu	Re	75	186,2
Rodiu	Rh	45	102,9055	Rubidiu	Rb	37	85,4678
Ruteniu	Ru	44	101,07	Samariu	Sm	62	150,4
Scandiu	Sc	21	44,9559	Seleniu	Se	34	78,97
Siliciu	Si	14	28,086	Sodiu	Na	11	22,9898
Staniu	Sn	50	118,69	Stronţiu	Sr	38	87,62
Sulf	S	16	32,06	Taliu	Tl	81	204,37
Tantal	Ta	73	180,9479	Techneţiu	Tc	43	98,9062
Telur	Te	52	127,60	Terbiu	Tb	65	158,9254
Titan	Ti	22	47,90	Toriu	Th	90	232,0281
Tuliu	Tm	69	168,9342	Uraniu	U	92	238,029
Vanadiu	V	23	50,9414	Wolfram	W	74	183,85
Xenon	Xe	54	131,30	Yterbiu	Yb	70	173,04
Ytriu	Y	39	88,9059	Zinc	Zn	30	65,37
Zirconiu	Zr	40	91,22				

pulberea căzută de pe el ajunge tot pe transportor. Pentru a reduce la minimum cantităţile de material antrenate, acesta şi agentul de uscare trebuie să circule în echicurent, iar viteza agentului să nu depăşească 0,2—0,4 m/sec. Pulverizarea lichidului se face prin mijloace mecanice (lichidul e trecut printr-un injector la presiunea de 30—200 bar), pneumatice (pulverizare cu aer comprimat la presiunea de 1,5—5 bar), sau prin centrifugare pe un disc special cu turaţia de 5 000—20 000 rot/min. Cea mai economică este pulverizarea mecanică, dar cea mai eficace şi sigură este pulverizarea prin centrifugare.

AUTOAPRINDERE. Declanşare a arderii amestecurilor eterogene în motoarele cu aprindere prin comprimare (diesel), fără intervenţie exterioară, sub efectul condiţiilor de temperatură şi presiune ridicate, existente în cilindrii motorului la sfîrşitul comprimării, specifice ciclului Diesel. În prima fază a reacţiilor chimice de oxidare, care urmează injectării combustibilului în cilindru, se degajă cantităţi mici de căldură, creşterea temperaturii este mică, deci viteza reacţiei de ardere este redusă. Această perioadă se numeşte întîrziere la a. [v. Autoaprindere (Întîrziere la)] A. este pusă în evidenţă de momentul în care

procesul de oxidare relativ lentă a amestecului aer-combustibil se transformă într-un proces de oxidare rapidă, ca urmare a degajării din ce în ce mai importante de căldură, a creșterii puternice a temperaturii și, respectiv, a vitezei reacției. În această a doua fază, reacțiile de ardere cuprind un volum considerabil de amestec carburant a cărui transformare prin creșterea mare și aproape instantanee a temperaturii este percepută în exterior ca o explozie. Procesul este însoțit de o degajare puternică de lumină și de căldură.

AUTOAPRINDERE (Întîrziere la). Întîrzierea la autoaprinderea amestecului aer-combustibil, specifică motoarelor cu aprindere prin comprimare (diesel), reprezintă intervalul de timp între începutul injecției combustibilului în cilindru și declanșarea arderii. Procesul de ardere, materializat în diagrama indicată, ridicată în coordonate presiune-unghi de rotație arbore (fig. A.120) pune în evidență momentul începerii injecției (punctul II), cu avansul β față de punctul mort superior și punctul în care începe arderea (IA), determinat de creșterea presiunii în cilindru peste valoarea corespunzătoare curbei de comprimare fără ardere (trasată prin linie întreruptă), respectiv este evidentă valoarea **î. la a.** (τ_{aa}). **I. la a.** se datorește fazelor prin care trece combustibilul, de la introducerea sa în cilindru pînă la aprindere:

— faza I pulverizarea jetului de combustibil sub formă de picături;
— faza II evaporarea picăturilor de lichid;
— faza III amestecarea vaporilor de combustibil cu aerul din cilindru;
— faza IV declanșarea reacțiilor chimice care conduc la aprinderea amestecului combustibil-aer.

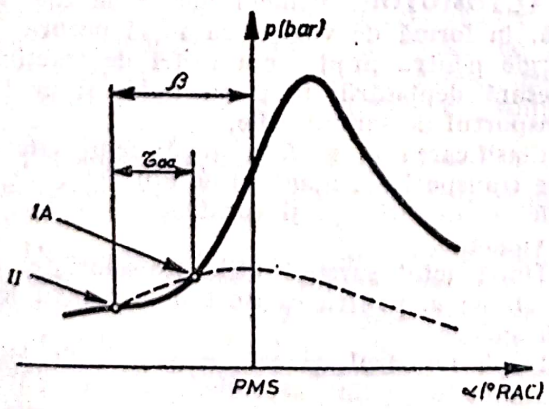


Fig. A.120. Întîrzierea la autoaprindere în diagrama indicată.

Durata de timp a celor patru faze reprezintă perioada **î. la a.** Primele trei faze sînt de natură fizică, iar cea de a patra este de natură chimică. Ponderea cea mai mare în timp o au ultimele două faze, durata celorlalte faze fiind relativ mică.

În perioada **î. la a.** se remarcă o frînare a creșterii presiunii, explicabilă prin evaporarea picăturilor de combustibil injectat (faza II), în cursul căreia combustibilul lichid absoarbe căldura de vaporizare de la aerul din cilindru, temperatura amestecului micșorîndu-se, ceea ce conduce, deci, și la o scădere a presiunii. La sfîrșitul fazei de vaporizare, degajarea de căldură crește, deci crește și presiunea. În momentul în care valoarea acestei presiuni depășește valoarea presiunii de comprimare, se declanșează arderea.

AUTOCLAVĂ. Recipient în care se produc procese fizice sau chimice la presiuni mai mari decît presiunea atmosferică.

Presiunea poate rezulta ca urmare a proceselor respective, funcționarea **a.** fiind intermitentă, adică în șarje. În cazul **a.** care lucrează la presiuni mari, sînt utilizate mijloace exterioare (compresor, pompă), iar funcționarea este continuă. În cele mai multe cazuri, temperatura de lucru (din autoclavă) este mai ridicată decît temperatura mediului ambiant. În aceste situații, dacă cel puțin una dintre substanțele prezente este în fază lichidă la temperatura de lucru, presiunea și temperatura se condiționează reciproc, datorită presiunii parțiale a vaporilor substanței, care crește cu temperatura. O aplicație a acestui fenomen este faptul că, deși pentru unele procese presiunea nu este în mod direct necesară, se lucrează totuși la presiuni ridicate, numai pentru a se menține anumiți reactanți în stare lichidă, la temperaturi mai înalte decît temperatura normală de fierbere, cînd această condiție este necesară pentru buna desfășurare a reacției.

Presiunile de lucru în **a.** variază între limite largi, între 1 bar (ex.: în etuvele de dezinfectare din dotarea spitalelor) și 4 000 bar (în autoclavele industriale pentru procese de condensare sau polimerizare).

Forma constructivă uzuală a **a.** este cilindrică, cu capacele plane, conice sau în formă de calote sferice.

Capacitatea **a.** variază, de asemenea, între limite largi de la circa 1 l (pentru **a.** de laborator) pînă la 500 m^3 (**a.** pentru fabricarea celulozei din lemn).

În fig. A.121 este prezentată o **a.** de dimensiuni mari (diametru 5 m și lungime 10 m), în curs de montare la Complexul chimic construit de România în orașul Homs (Siria). **A.** este destinată execuției prin cauciucare a protecțiilor echipamentelor care lucrează în contact cu acizi.

Încălzirea **a.** este realizată prin următoarele procedee: cu vapori de apă în manta sau în serpentină, sau direct în **a.** (cînd apa rezultată din condensare nu deranjează desfășurarea procesului), cu purtători de căldură (apă sub presiune, ulei, săruri topite, băi de metale topite),

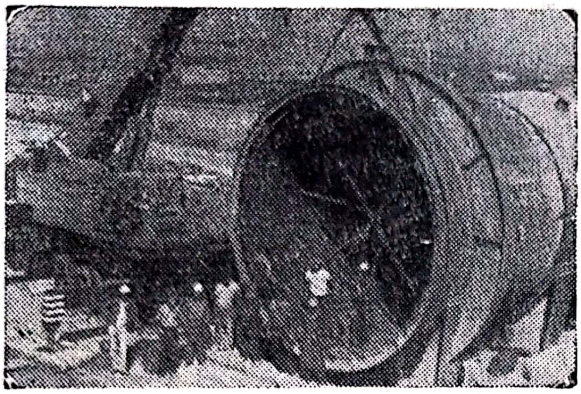


Fig. A.121. Autoclavă de dimensiuni mari în curs de montare.

cu gaze calde, electric (cu rezistenţe sau prin inducţie).

Amestecarea materialelor din **a.** se realizează prin diferite procedee: cu un agitator mecanic (fig. A.122) prin mişcarea corpului autoclavei (fig. A.123), sau prin circulaţia forţată a substanţelor din **a.**, realizată cu ajutorul unei pompe exterioare.

Pentru controlul proceselor, **a.** sînt echipate cu următoarele aparate şi dispozitive: manometre, termometre, supape de siguranţă (în special, în cazurile în care există posibilitatea creşterii spontane a presiunii), robinete sau dispozitive de alimentare şi evacuare, dispozitive pentru controlul nivelului lichidului. Unele **a.** pot fi echipate şi cu dispozitive speciale, de exemplu pentru măsurarea cuplului agitatorului, pe baza căruia se evaluează viscozitatea materialului din interior.

Materialul cel mai des utilizat pentru construcţia corpului **a.** este oţelul carbon. Fonta se utilizează numai pentru presiuni joase şi capacităţi mici. În cazul mediilor corosive, pereţii de oţel ai **a.** sînt protejaţi cu o căptuşeală de plumb, de aluminiu, cupru, nichel, oţeluri speciale anticorosive sau, uneori, cu argint sau smalţ.

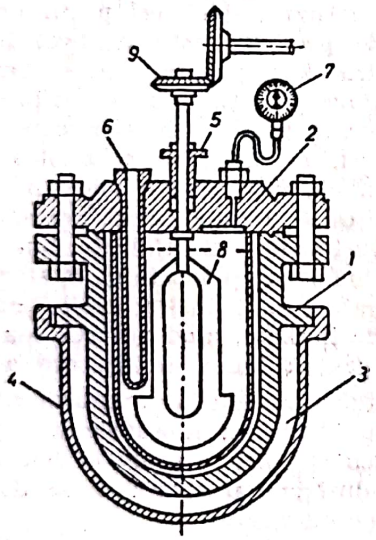


Fig. A.22. Autoclavă cu agitator mecanic:
1 — corp; *2* — capac; *3* — cameră de încălzire; *4* — manetă; *5* — presgarnitură; *6* — teacă de termometru; *7* — manometru; *8* — agitator; *9* — roată dinţată.

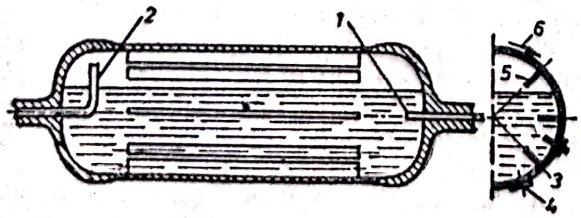


Fig. A.123. Autoclavă cu agitarea materialului prin rotirea corpului autoclavei:
1 — ajutaj; introducerea aburului; *2* — intrarea gazelor inerte; *3* — termometru; *4* — gură de evacuare; *5* — paletă; *6* — sensul rotirii.

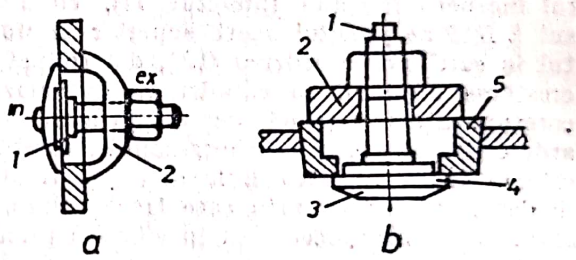


Fig. A.124. Capac-autoclavă.

Termenul de **a.** mai semnifică şi un capac care închide un recipient, aplicîndu-se din interior spre exterior pe scaunul orificiului pe care-l obturează, astfel încît capacul se menţine închis datorită presiunii interioare (fig. A.124 a, b).

AUTOMOTOR. Vehicul motor de cale ferată, în formă de vagon, cu sursă proprie de energie pentru producerea forţei de tracţiune necesară deplasării, fiind amenajat şi pentru transportul de sarcini utile.

Clasificarea **a.** se face după: felul sarcinii utile transportate, numărul de osii, felul transmisiei şi importanţa şi construcţia convoiului de vagoane.

După felul sarcinii utile transportate, se deosebesc: **a.** pentru călători şi **a.** pentru servicii speciale.

După numărul de osii, există **a.** cu două osii, folosite pe linii secundare şi **a.** cu patru sau şase osii pe boghiuri, ambele tipuri deservind în special liniile principale, unde nu este folosită tracţiunea electrică.

În funcţie de tipul reductorului ce acţionează asupra osiilor motoare, există **a.** cu transmisie mecanică, hidraulică sau electrică.

Părţile principale ale **a.** sînt: sursa de energie, partea mecanică, transmisia, instalaţiile şi echipamentele auxiliare. Ca sursă de energie

Scanned with OKEN Scanner

se folosesc unul sau două motoare diesel în patru sau doi timpi. Motorul diesel prezintă următoarele avantaje față de motoarele cu aprindere prin scînteie: putere instalată mai mare, consum specific de combustibil mai mic, folosirea unui combustibil mai ieftin și pericol de incendii mai mic. Motorul diesel în doi timpi este mai puțin folosit, datorită baleiajului dificil la turații ridicate. Foarte răspîndit este motorul diesel supraalimentat, cu presiuni de supraalimentare de 0,5—2,5 bar. Cilindrii motorului pot fi dispuși în linie sau pe un singur șir (8, 12 sau 16 cilindri cu doi arbori cotiți cuplați printr-un angrenaj), în „V" (8, 12 sau 16 cilindri), sau opuși pe două rînduri (8 sau 12, la motoarele orizontale). Partea mecanică a **a.** conține dispozitivul de rulare, boghiurile și caroseria vehiculului care se construiește cu schelet complet metalic, sprijinindu-se pe boghiuri prin intermediul unei suspensii elastice sau a unor dispozitive rigide. Transmisia **a.**, care face legătura între arborele motor și osiile motoare, transmite și transformă cuplul motor în cuplul de propulsie al vehiculului. Transmisia trebuie să îndeplinească următoarele condiții: demultiplicare a turației pe o gamă foarte largă, funcționare ușoară, fără mase mari în mișcare, decuplare rapidă între motor și transmisie, cuplare fără șocuri, funcționare stabilă și economică la toate regimurile.

După felul energiei folosite la demultiplicarea turației motorului termic, transmisiile pot fi: mecanice, hidraulice, electrice și mixte. Schema-bloc a unei transmisii mecanice cuprinde: motorul, cuplajul principal (ambreiaj), schimbătorul de viteze, inversorul de mers și atacul de osie. Schema-bloc a unei transmisii hidraulice cuprinde: motorul, schimbătorul de viteze hidraulic, mecanismul reductor de turație cu roți dințate și atacul de osie. Transmisia electrică conține: motorul, generatorul electric antrenat de motorul termic, un număr de motoare electrice de tracțiune corespunzător osiilor de tracțiune și un număr corespunzător de atacuri de osie.

Transmisiile mecanice se caracterizează prin randament mare (0,94—0,96), gabarite și greutăți mici.

Transmisia hidraulică prezintă avantajele obținerii, la periferia roților motoare, unui cuplu motor uniform și a funcționării automate.

Transmisia electrică se caracterizează prin simplitate constructivă, siguranță în exploatare, variație continuă a turației motoarelor de tracțiune, însă are o greutate mai mare.

Instalația de comandă a **a.** este compusă din dispozitivele care servesc la punerea în serviciu, la conducerea și controlul instalațiilor de pe **a.**

Instalațiile auxiliare ale **a.** sînt formate din: echipamentul de frînă, instalația de iluminat, ventilația, încălzirea, instalația de aer condiționat etc.

AUTOTIRAJ. Depresiune Δh creată de un canal vertical (coș de cazan, canal de aerisire) ce iese liber în mediul înconjurător. Depresiunea apare ca urmare a diferenței de densitate a gazelor din canal și a aerului exterior: $\Delta h = H(\rho_a - \rho_g)g$ sau: $-\Delta h = H(\rho_g - \rho_a)g$ [N/m^2]. Autotirajul poate fi ascendent, dacă $\rho_a < \rho_g$, (sau descendent, dacă $\rho_g < \rho_a$); H — înălțimea canalului vertical în m; ρ — densitatea gazelor din canal, în kg/m^3; ρ_a — densitatea aerului înconjurător, în kg/m^3; g — accelerația gravitațională, în m/s^2.

AUTOVEHICUL. Vehicul autopropulsat, care se poate deplasa pe o cale de comunicație rutieră sau pe un teren neamenajat în acest scop, deplasarea fiind posibilă prin roți, șenile sau tălpi de patinare.

A. care servesc la transportarea unei sarcini utile se compun din două părți: suprastructura, care conține sarcina utilă (caroserie, platformă, cisternă etc.) și infrastructura, constituită din șasiu, echipament motor, suspensie și echipament de deplasare. Șasiul este un cadru, suspendat elastic pe organele de deplasare ale vehiculului pe care se montează suprastructura și echipamentul motor. Echipamentul motor se compune din: motor, ambreiaj schimbător de viteze și organe de transmisie. Motorul poate fi termic (motor cu ardere internă sau turbomotor) sau electric. Unele vehicule sînt echipate cu grupuri formate din motor termic, generator electric și motoare electrice de tracțiune (de exemplu, autobuzele diesel-electrice). Suspensia este formată din arcuri (lamelare elicoidale etc.) și amortizoare, montate sub șasiu. Echipamentul de deplasare asigură mișcarea vehiculului prin rulare sau prin alunecare, după cum acesta este echipat cu roți sau șenile, respectiv cu tălpi de patinare.

Din punctul de vedere al utilizării, se deosebesc următoarele tipuri de **a.**: **a.** de transport, tehnice și de război.

A. de transport sînt utilizate pentru transportul oamenilor, animalelor și mărfurilor. Ele pot fi: autoturisme, autocamioane, tractoare, autocisterne, autorefrigeratoare, autosanitare etc.

A. tehnice sînt echipate cu mașini de lucru, antrenate în unele cazuri de motoarele proprii. **A.** tehnice pot fi: autovehicule pentru lucrări rutiere (buldozere, gredere, screpere etc.), automacarale, autoîncărcătoare, autotrenuri, autopluguri etc. Motoarele acestor vehicule sînt, în majoritatea cazurilor, de tip diesel.

A. de război sînt vehicule utilizate pentru operațiuni militare, fiind echipate cu armament. Se deosebesc: autoblindate, tancuri, autotransportoare etc. Motoarele **a.** de război sînt motoare diesel de performanță sau motoare policarburante.

Din punctul de vedere al capacității, se deosebesc: **a.** ușoare și **a.** grele.

Scanned with OKEN Scanner

A. uşoare sînt echipate, în general, cu motoare cu aprindere prin scînteie, în doi sau patru timpi (motociclete, autoturisme de puteri mici, în domeniul 2—100 CP).

A. grele sînt echipate, în general, cu motoare diesel de puteri mari (100—300 CP).

AVAL. Calitate a unui punct de a fi situat mai jos faţă de un anumit punct de referinţă corespunzător sursei de alimentare cu energie mecanică, termică, hidraulică, electrică, de-a lungul unei reţele.

AVOGADRO, Amedeo di Quarenga. Fizician italian (1776—1856). **A.** stabileşte în 1811 legea care îi poartă numele, referitoare la numărul de molecule conţinute în gaze.

AVOGADRO (Legea lui). Gaze diferite la temperatură, presiune şi volume egale conţin acelaşi număr de molecule.

Relaţia matematică aplicată unor gaze diferite ce ilustrează această lege, este: $pV = k \cdot N \cdot T$, unde: p este presiunea; V — volumul; T — temperatura; k — constanta lui Boltzmann; N — numărul de molecule din volumul V.

Legea lui **A.** permite să se stabilească unele consecinţe importante, referitoare la proprietăţile gazelor perfecte, şi anume:

— volumul ocupat de un kilomol de gaz perfect la starea normală este acelaşi pentru toate gazele $V_{MN} = 22{,}414$ m^3_N/kmol;

— numărul de molecule conţinut într-un kilomol de gaz este independent de temperatura, presiunea sau de natura gazului şi este denumit *numărul lui Avogadro*, care are valoarea $N = 6{,}023 \times 10^{26}$ molecule/kilomol;

— produsul dintre masa molară şi constanta generală a unui gaz perfect are aceeaşi valoare pentru toate gazele: $R_M = 8\,315$ J/kmol·K.

Între numărul lui **A.** N, constanta universală a gazelor perfecte R_M şi constanta lui Boltzmann k există relaţia: $R_M = N \cdot k$.

Legea lui **A.** se aplică şi pentru gazele reale, dacă acestea se găsesc la temperaturi depărtate faţă de valoarea critică şi la presiuni joase faţă de valoarea presiunii de saturaţie, corespunzătoare temperaturii.

AXUL PISTONULUI. Organ al mecanismului motor al maşinilor termice cu piston, prin intermediul căruia se realizează legătura mecanică între piston şi bielă. Ca organ de articulaţie (cu două grade de liberate), **a.p.** face posibilă mişcarea relativă dintre piston şi bielă şi, totodată, la motorul cu ardere internă, transmite bielei forţa de presiune a gazelor. La motoarele fără cap de cruce, **a.p.** se montează în piston, iar la motoarele cu cap de cruce devine axul sau bolţul traversei capului de cruce. Oscilaţia bielei faţă de axa cilindrului este posibilă, dacă **a.p.** se montează cu joc fie în piston, fie în bielă, fie simultan în ambele piese. **A.p.**, prevăzut cu joc atît în piston, cît şi în bielă (montaj flotant), execută o rotaţie completă după un număr de cicluri. **A.p.** execută şi o mişcare alternativă de translaţie, dezvoltînd forţe de inerţie care solicită piesele mecanismului motor. În acest sens, masa **a.p.** trebuie să fie cît mai mică. **A.p.** este puternic solicitat mecanic în timpul funcţionării. În cazul motoarelor cu ardere internă, forţa de presiune a gazelor şi forţa de inerţie a masei pistonului şi a **a.p.**, variabile ca mărime şi sens, produc solicitări variate, cum sînt: încovoierea, forfecarea şi oboseala. În anumite perioade de funcţionare (arderea violentă, schimbarea sensului forţelor) şi în condiţiile unor jocuri mari, **a.p.** este supus solicitării prin şoc. În afara acestor solicitări, **a.p.** suportă un proces intens de uzură (în locaşul din umerii pistonului), datorită deformaţiilor şi şocurilor care întrerup temporar pelicula de ulei. Pentru a mări durabilitatea **a.p.**, trebuie să se reducă regimul termic, să se limiteze deformaţia lui, să se asigure o mare precizie de fabricaţie şi să se utilizeze materiale rezistente la uzură. **A.p.** se realizează sub formă tubulară, în diferite variante (fig. A.125), în funcţie de tipul motorului şi modalitatea îmbinării cu biela şi pistonul. Cel mai utilizat este **a.p.** cu secţiune constantă (fig. A.125 a), deoarece din punct de vedere tehnologic se realizează mai uşor. Pentru a-i mări rigiditatea, **a.p.** se execută sub forma unui solid de egală rezistenţă (fig. A.15 b). O rigiditate suplimentară se obţine prin prelucrarea cilindrică în trepte a suprafeţei interioare a **a.p.** (fig. A.125 c). Aceste soluţii măresc însă preţul de cost al fabricaţiei.

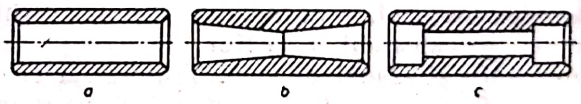


Fig. A.125. Tipuri constructive de axe de piston: *a* — formă tubulară; *b* — solid de egală rezistenţă; *c* — prelucrare interioară în trepte.

Montajul bielei cu ax fix în piston şi liber în piciorul bielei, deşi avantajos pentru ungere (nu pretinde alimentarea cu ulei a locaşurilor din piston), fiind realizat prin şuruburi care străpung **a.p.** şi locaşul din umerii pistonului, produce o concentrare mare de tensiuni la marginile umerilor, dezavantajoasă pentru fiabilitatea **a.p.** De asemenea, greutatea mare a îmbinării şi montajul mai dificil limitează aria de utilizare a soluţiei. Fixarea **a.p.** în piciorul bielei implică o construcţie elastică a piciorului, care introduce dificultăţi de montaj. Montajul flotant (fig. A.126) reprezintă soluţia cea mai răspîndită, avînd ca avantaj principal reducerea uzurii **a.p.** în locaşurile din piston şi repartizarea ei uniformă pe periferia acestuia (datorită rotirii complete a axului, după un număr de cicluri). Montajul flotant permite deplasa-

Scanned with OKEN Scanner

rea axială a **a.p.** Pentru a evita deteriorarea suprafeţei interioare a cilindrului, deplasarea axială se împiedică prin intermediul unor inele de siguranţă executate din sîrmă sau din tablă matriţată, introduse în canale practicate în locaşurile din umerii pistonului.

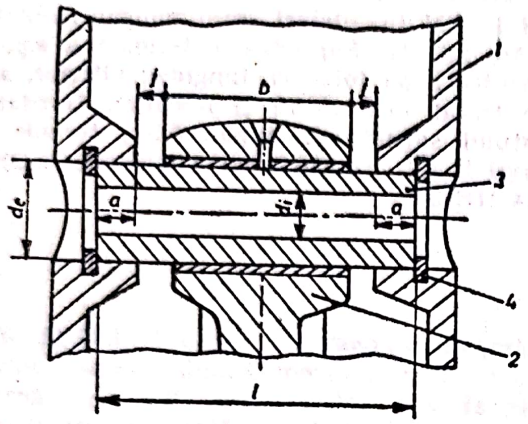


Fig. A.126. Montarea axului pistonului — detalii: *1* — piston; *2* — bielă; *3* — ax de piston; *4* — inele de siguranţă.

Ungerea **a.p.** se efectuează pe mai multe căi: prin ceaţa de ulei formată sub capul pistonului, prin uleiul raclat de segmenţi de pe oglinda cilindrului şi prin uleiul colectat în orificiul practicat în piciorul bielei. Cînd aceste soluţii nu sînt satisfăcătoare, ungerea se realizează sub presiune cu ulei adus de la capul bielei, printr-un canal practicat în corpul acesteia.

Tabelul A.31

Date constructive pentru dimensionarea axului pistonului

Dimensiunea caracteristică	Motor diesel	Motor cu explozie
Lungimea (l) — ax flotant — ax fix	(0,80—0,87) D* (0,88—0,93) D	(0,80—0,87) D (0,88—0,93) D
Lungimea de sprijin în piciorul bielei (b) — ax flotant — ax fix	(0,33—0,45) D (0,28—0,32) D	(0,33—0,45) D (0,28+0,32) D
Lungimea de sprijin în umerii pistonului (a)	$\frac{1}{2}(1-b-2\cdot j^{**})$	$\frac{1}{2}(1-b-2\cdot j)$
Diametrul exterior (d_e)	(0,22—0,30) D	(0,30—0,45) D
Diametrul interior (d_i)	(0,65—0,75) d_e	(0,60—0,75) d_e

* D — alezajul cilindrului
** j — jocul

Dimensiunile principale ale **a.p.** se determină pe baza datelor constructive (tab. A.31). La alegerea dimensiunilor trebuie să se aibă în vedere ca greutatea **a.p.** să fie redusă, presiunile specifice mici, iar rigiditatea corespunzătoare.

A.p. se verifică din punctul de vedere al rezistenţei la uzură, al solicitărilor mecanice şi deformaţiilor. Verificarea se face, luînd în consideraţie forţa maximă de presiune a gazelor. Valorile admisibile ale mărimilor caracteristice pentru verificarea **a.p.** sînt precizate în tabelul A.32. Toleranţa de fabricaţie şi calitatea suprafeţei **a.p.** se stabilesc, ţinînd seama de condiţiile funcţionale. În cazul jocurilor de montaj, foarte mici în piciorul bielei (ex.: ca-

Tabelul A.32

Valorile admisibile ale mărimilor caracteristice pentru verificarea axului pistonului

Mărimea caracteristică	Valoarea admisibilă
Presiunea specifică în locaşul din umerii pistonului (p_a, N/cm²)	1 500—4 000
Presiunea specifică în piciorul bielei (p_b, N/cm²)	2 500—5 000
Efortul unitar de încovoiere (σ_i, N/cm²)	25 000—50 000 (oţel aliat) 12 000—15 000 (oţel carbon)
Eforturile unitare de ovalizare în fibrele exterioare şi interioare într-o secţiune oarecare ($\sigma_{e\varphi}$, $\sigma_{i\varphi}$, N/cm²)	12 000—25 000
Efortul unitar de forfecare (τ, N/cm²)	10 000—20 000 (oţel aliat) 6 000—10 000 (oţel carbon)
Coeficientul de siguranţă la oboseală (C_o) — ax flotant — ax fix în piciorul bielei	1—2,2 2—4
Deformaţia maximă de ovalizare (J_A, mm)	0,01—0,03
Jocul de montaj în locaşul din umerii pistonului (Δ, mm)	0,02—0,04; piston din fontă (—0,03)—(+0,2); piston din aluminiu
Temperatura de montaj pentru axul flotant ($t_{p_{min}}$, °C)	80—120

Scanned with OKEN Scanner

zul motoarelor de autoturism), toleranţele de fabricaţie nu trebuie să depăşească cca. 3 microni; la aceleaşi valori se limitează şi abaterile de la forma cilindrică. Pentru jocurile mai mari, se admit toleranţe între 5 şi 8 microni. Din acest motiv, se apelează la operaţia de sortare a pieselor pe grupe dimensionale.

Materialul din care se confecţionează **a.p.** este oţelul în forme de bare tubulare, laminate sau forjate din şarje speciale. Materialul **a.p.** trebuie să aibă un miez tenace, pentru a rezista solicitării prin şoc şi o duritate mare a stratului superficial, pentru a rezista la uzură şi oboseală. Oţelurile care satisfac cel mai bine aceste cerinţe sînt oţelurile carbon de cementare (0,12—0,32% C) şi oţelurile aliate de cementare (cu Cr, Mo, Ni, Ti, ca elemente de aliere). Mai rar, se folosesc şi oţeluri de îmbunătăţire. Pentru condiţii grele de funcţionare, **a.p.** se execută din oţeluri aliate de cementare, oţeluri crom-mangan 18 MC 10, oţeluri crom-nichel 15 CN 15, oţeluri crom-mangan-molibden 21 Mo MC 12. Suprafaţa exterioară a **a.p.** se cementează pe întreaga lungime; ulterior, **a.p.** este tratat prin călire şi revenire. Duritatea stratului superficial, după călire, trebuie să ajungă la 58—62 HRC, iar a miezului la 38—44 HRC.

Scanned with OKEN Scanner

B

BALEIAJ. Proces de evacuare forțată a gazelor arse din cilindrii motoarelor cu ardere internă, prin dislocarea gazelor arse de către încărcătura proaspătă (v. A d m i s i e).

BANC DE PROBĂ. Instalație pentru încercarea unei mașini, a unui vehicul sau aparat, sau a diferitelor organe ale acestora, în condiții cît mai apropiate de regimul real de funcționare.

B. de p. poate fi fix, caz în care se instalează într-o încăpere special amenajată, sau mobil, montat pe vehiculul al cărui echipament se încearcă.

Cele mai reprezentative tipuri de **b. de p.** sînt cele utilizate pentru încercarea motoarelor cu ardere internă și a automobilelor.

B. de p. pentru motoarele cu ardere internă determină sau verifică puterea, turația, randamentul, consumul de combustibil și de lubrifiant și încălzirea motorului în timpul funcționării.

B. de p. pentru automobile permit determinarea vitezei de rulare, a accelerației de pornire sau de frînare, a rezistențelor la mers, a consumului de combustibil și lubrifiant și a compoziției gazelor evacuate.

B. de p. pentru motoarele cu ardere internă cuprinde, în general, următoarele echipamente: suportul pe care se montează motorul; echipamentul de frînare, constituit din frînă mecanică electrică, hidraulică sau pneumatică; instalațiile accesorii și echipamentele care asigură funcționarea motorului sau a **b. de p.** (instalațiile de alimentare cu combustibil, lubrifiant, aer și lichide sub presiune), aparatele și instrumentele de măsură (dinamometre pentru măsurarea forțelor, tahometre sau turametre pentru măsurarea turației, termometre sau termocupluri pentru măsurarea temperaturii, debitmetre pentru măsurarea debitului etc.).

Unele **b. de p.**, în special cele pentru motoarele de putere mică sau medie, sînt folosite și pentru rodaj.

B. de p. *pentru motoare de automobil*, folosite la încercarea motoarelor de putere mică sau medie, cu turație relativ înaltă;

B. de p. *pentru motoare staționare* pe care se încearcă motoarele de putere mică sau medie, cu turație relativ joasă;

B. de p. *pentru motoare de avion*, folosite la încercarea motoarelor de putere medie sau mare, cu turație ridicată, care funcționează la altitudine;

B. de p. *pentru motoare cu piston*, folosite la măsurarea cuplului motor, spre deosebire de **b. de p.** pentru reactoare care măsoară, în principal, forța de reacție și debitul de aer absorbit de reactor; forța de reacție este transmisă la un dinamometru, printr-un sistem de tije și de pîrghii multiplicatoare, pentru a permite măsurarea acesteia la deplasări foarte mici ale atelajului motor;

B. de p. *pentru echipamentul de alimentare cu combustibil* al unui motor cu ardere internă, ce permite verificarea și reglarea organelor componente ale acestui echipament.

După tipul motorului, se disting:

— **B. de p.** pentru echipamentul motoarelor cu aprindere prin comprimare, la care se încearcă pompa de injecție și injectoarele; cuprinde o instalație pentru măsurarea debitului pompei de injecție (centicubare), o instalație pentru verificarea pompei de alimentare, aparate de control ale etanșeității elementelor de pompă și a supapelor etc.;

— **B. de p.** pentru echipamentul de alimentare a motoarelor cu aprindere prin scînteie, care servește la încercarea și reglarea carburatorului, a jicloarelor și a pompei de alimentare; cuprinde, în general, o instalație pentru verificarea și reglarea unghiului de deschidere a clapetei de accelerație și o instalație pentru verificarea și reglarea debitului pompei de alimentare.

Un alt tip constructiv este *bancul de rodaj* care reprezintă o instalație pentru rodarea

Scanned with OKEN Scanner

unei mașini sau a organelor acesteia în funcțiune, mișcarea fiind asigurată de un motor de antrenare sau de mașina de rodat. Bancul de rodaj pentru motoare servește la rodajul în gol sau în sarcină al motorului cu ardere internă, asamblat total sau parțial. La banc se efectuează rodarea la rece, cînd motorul este antrenat de un motor de antrenare și rodarea la cald, cînd motorul funcționează. În timpul

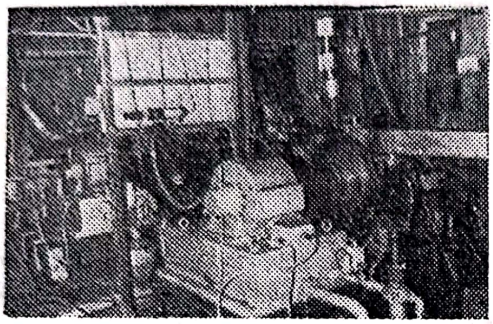


Fig. B.1. Banc de probe cu frînă de curenți turbionari pentru motoare cu ardere internă.

rodării la rece a motorului, funcționează și circuitele de răcire și de ungere. În timpul rodării la cald, care începe după înlăturarea defectelor constatate la rodajul la rece, motorul funcționează 10—90 de minute la diferite sarcini, care cresc progresiv. În timpul rodajului, la rece sau la cald, trebuie să se măsoare temperatura diferitelor organe ale motorului.

Dintre **b. de p.** moderne poate fi menționat **b. de p.** *cu frînă de curenți turbionari*. Această frînă se compune, în general, din patru subansambluri: carcasa frînei, instalația de măsurare a cuplului, batiul cu mecanisme (fig. B.1) și panoul de comandă și control (fig. B.2). Carcasa este montată pe batiu prin intermediul unor bucșe oscilante. În interiorul batiului sînt amplasate conductele de alimentare. Panoul de comandă conține aparatura electrică de distribuție și reglaj.

BANDAJ. Element de legătură care unește capetele paletelor unei turbine cu abur în scopul rigidizării lor (prin micșorarea solicitării la încovoiere) și al modificării frecvenței proprii. Totodată, **b.** închide canalul dintre palete către exterior, micșorînd scăpările de abur peste vîrful paletelor. **B.** *se pot executa din*: a) bucăți de platbandă din același material cu paleta, solidarizînd 4—20 palete și avînd grosimi de 1,5—5 mm (fig. B.3); b) sîrme

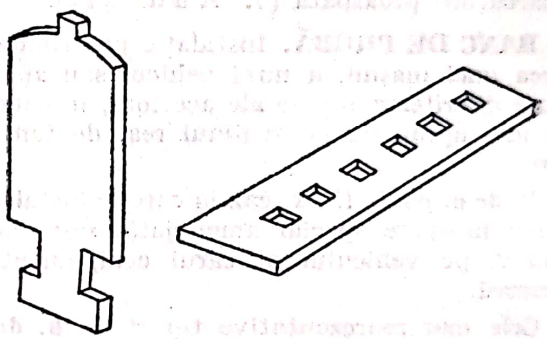


Fig. B.3. Bandaj executat din platbandă.

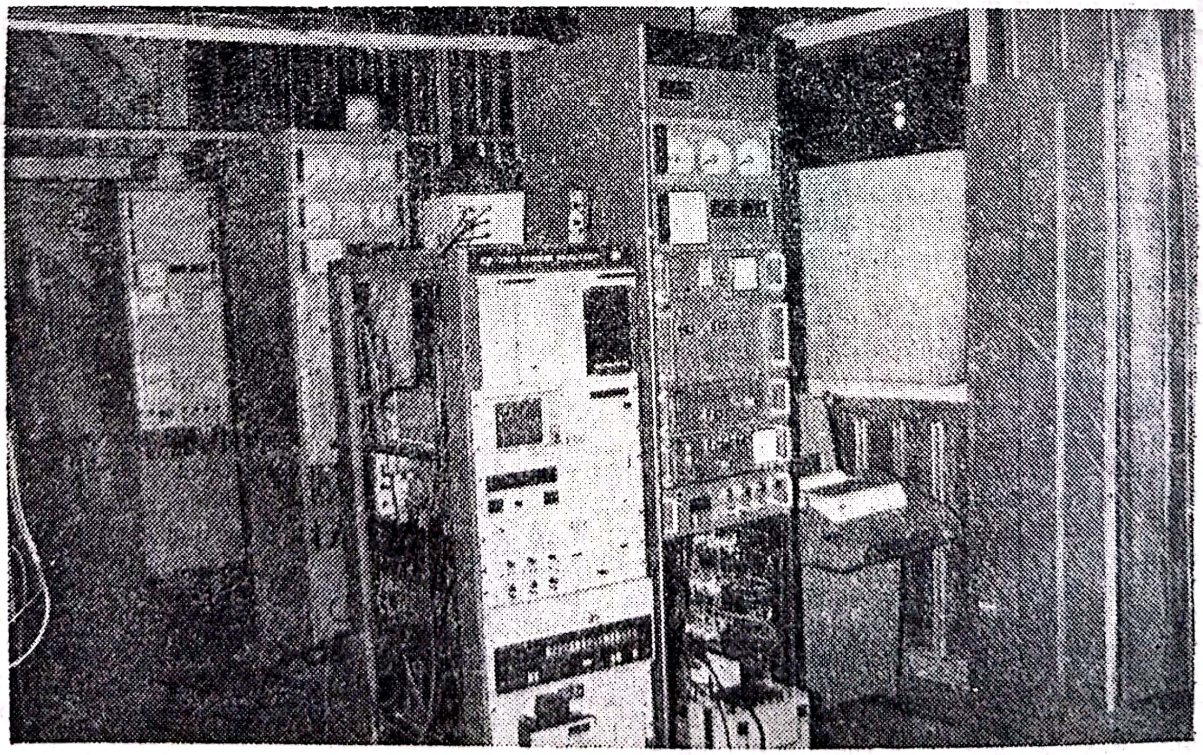


Fig. B.2. Banc de probe pentru motoare cu ardere internă. Instalația de comandă, supraveghere și avertizare.

Scanned with OKEN Scanner

groase, lățite prin batere în dreptul paletei (fig. B.4); c) dintr-o bucată cu paleta, capetele fiind sudate (fig. B.5). Mărirea rigidității paletelor prin b. se realizează prin creșterea frecvenței proprii a paletelor odată cu ridicarea

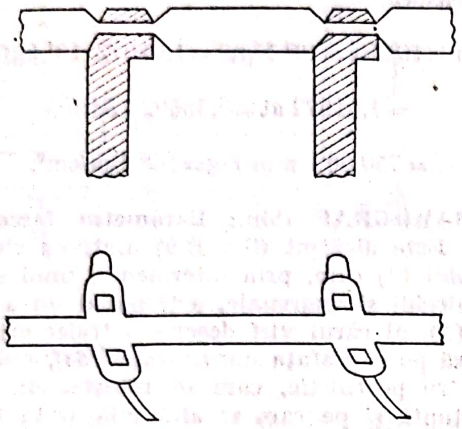


Fig. B.4. Bandaj executat din sîrmă.

momentului de inerție. Se definește un factor de rigidizare de forma:

$$k=\frac{12(m-1)H_b I_b l\cos\beta}{I\cdot m\cdot t_b},$$

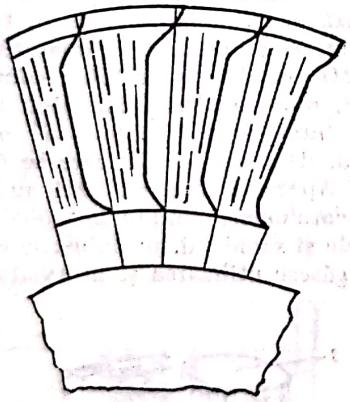


Fig. B.5. Bandaj executat dintr-o bucată cu paleta.

unde: m este numărul de palete din pachetul corespunzător bandajului; β — unghiul dintre planul roții și direcția oscilației; H_b — coeficientul de rigiditate a legăturii prin bandaj (la bandaje nituite $H_b=0{,}1-0{,}3$, iar pentru bandaje sudate sau nituite și lipite $H_b=0{,}6-1$); I_b — momentul de inerție a elementului de legătură (bandaj sau sîrmă); I — momentul de inerție la baza paletei (ambele momente de inerție măsurate în aceleași unități de măsură); t_b — pasul paletei; l — lungimea paletelor, măsurată în aceleași unități de măsură ca și pasul. Pentru $m>6$, raportul $\frac{m-1}{m}$ este foarte apropiat de unitate, iar unghiul β este destul de mic, deci $\cos\beta\approx 1$. De aceea, pentru calcule aproximative se poate lua:

$$k\approx\frac{12H_b\cdot I_b\cdot l}{I\cdot t_b}.$$

Pentru fiecare tip de legătură prin b., se construiește o diagramă caracteristică care dă valoarea *factorului de corecție* φ (care indică modificarea frecvenței statice a paletei în funcție de valoarea factorului de rigidizare (k) și a raportului ν dintre masa elementelor de legătură pe un pas și masa paletei). Valoarea factorului de corecție depinde și de tipul vibrației pentru care se determină frecvența. Astfel, se întîlnesc vibrații primare A_0 și B_0 (fig. B.6) și armonice (la care apar puncte nodale pe linia de deformare A_1, A_2, B_1 etc.). Notația tipurilor de vibrație se face astfel:

— litera A pentru paletele cu vîrful liber (fig. B.6 a, b, c);

— litera B pentru paletele cu vîrful fix (fig. B.6 d, e). Litera are un indice care arată numărul de noduri din lungul paletei. În

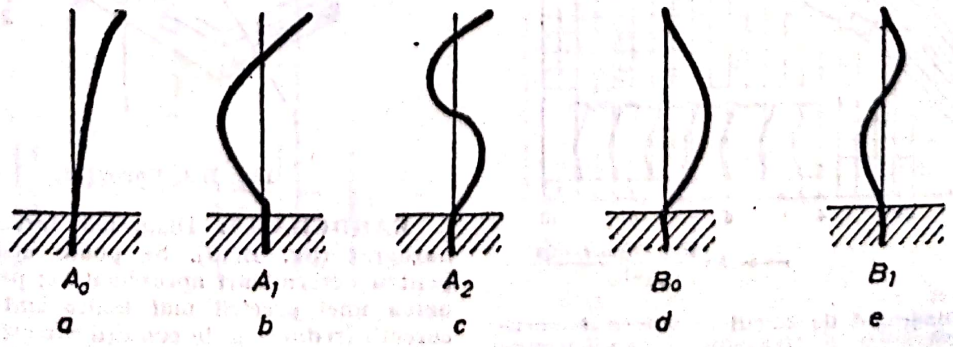


Fig. B.6. Tipuri de vibrație ale paletelor turbinelor cu aburi.

Scanned with OKEN Scanner

fig. B.7 și B.8 sînt date diagramele de calcul ale valorilor factorului de corecție a frecvenței paletei, în cazul legăturii prin b., pentru două tipuri caracteristice de vibrații (A_0 și A_1).

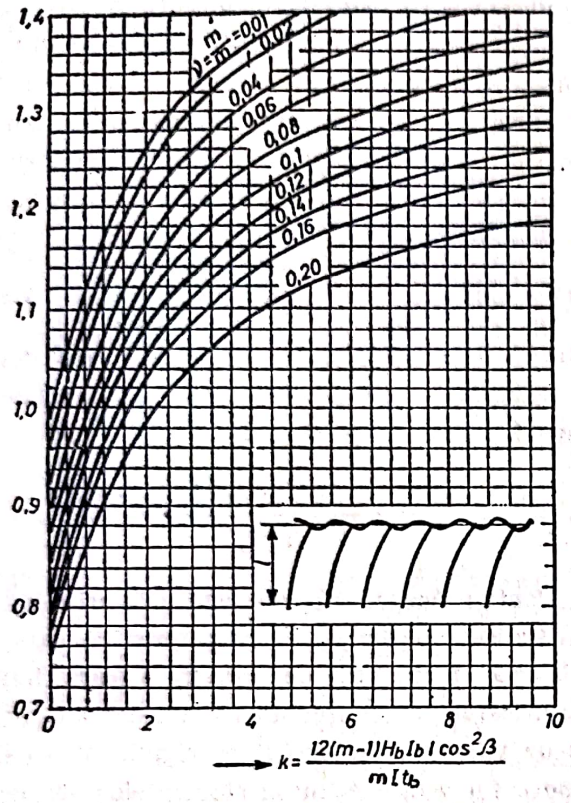


Fig. B.7. Diagramă de calcul al valorii factorului de corecție φ a frecvenței paletei, pentru tipul de vibrație A_0.

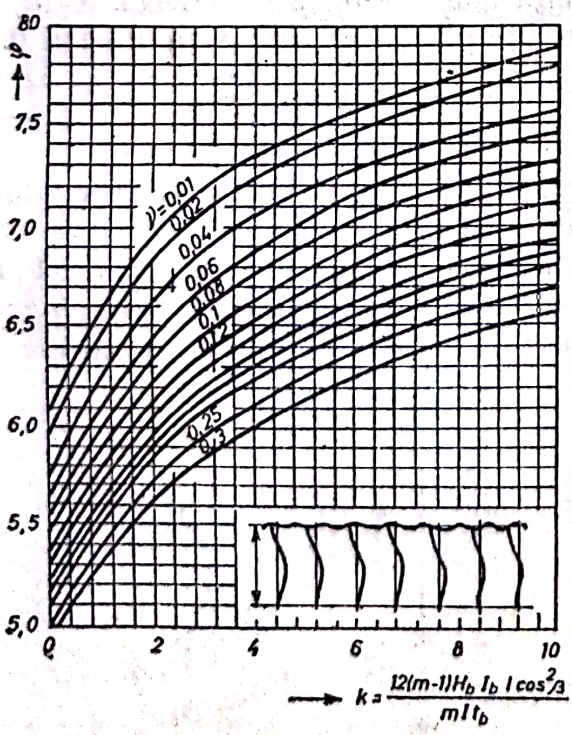


Fig. B.8. Diagramă de calcul al valorii factorului de corecție φ a frecvenței paletei pentru tipul de vibrație A_1.

BAR (bar). Unitate utilizată la măsurarea presiunii fluidelor și în meteorologie. Reprezintă multiplul unității de presiune din S.I. (N/m^2) și este admisă a fi folosită în paralel cu unitățile sistemului internațional pe termen nelimitat. Relații de echivalență cu alte unități de măsură:

$$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa} = 10^5 \text{ N/m}^2 = 1{,}01972 \cdot 10^4 \text{ kgf/m}^2 =$$

$$= 1{,}01972 \text{ at} = 0{,}986923 \text{ Atm} =$$

$$= 750{,}062 \text{ mm Hg} = 10^6 \text{ dyn/cm}^2.$$

BAROGRAF (Sin.: **Barometru înregistrator**). Este alcătuit (fig. B.9) dintr-un element sensibil (*1*) care, prin intermediul unui sistem de pîrghii și angrenaje, acționează un ac trasor (*2*) al cărui vîrf descrie o traiectorie circulară pe suprafața unui tambur (*3*), numit și cilindru porthîrtie, care se rotește cu viteză constantă și pe care se află înfășurată banda de hîrtie pentru înregistrare (*4*). Elementul sensibil este de obicei o capsulă manometrică. Avînd un vid înaintat în interior, aceasta se deformează la cele mai mici variații ale presiunii exterioare. Unul din capetele capsulei este fix, iar celălalt se deplasează punînd în mișcare acul trasor. Pentru mărirea sensibilității aparatului se pot folosi mai multe capsule manometrice montate în serie. În unele cazuri, se utilizează ca element sensibil un tub Bourdon. În funcție de etalonarea aparatului, tamburul poate efectua o rotație completă în cîteva ore, o zi, o săptămînă etc.; banda de hîrtie de înregistrare trebuie să corespundă intervalului de timp pentru care se face înregistrarea. Aparatul are utilizări multiple în stații meteorologice, grădini botanice și zoologice, spitale și sanatorii, în industrie etc. Unele tipuri își găsesc utilizarea și în aviație.

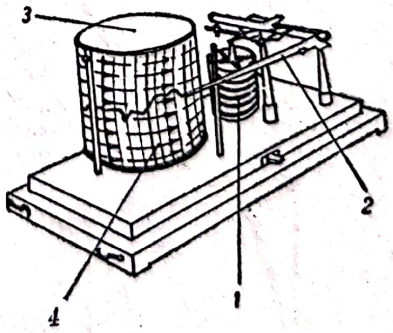


Fig. B.9. Barograf.

BAROGRAMĂ. Diagramă înregistrată de barograf (fig. B.10). Se poate utiliza direct pentru determinări aproximative; pentru obținerea unei precizii mai înalte sînt necesare, corecții (reducerea la condiții atmosferice fizice normale). Pe diagramă, perpendicular pe axul

tamburului (pe orizontală) se indică timpul, iar pe curbele transversale (vîrful acului are o mișcare circulară), variația presiunii.

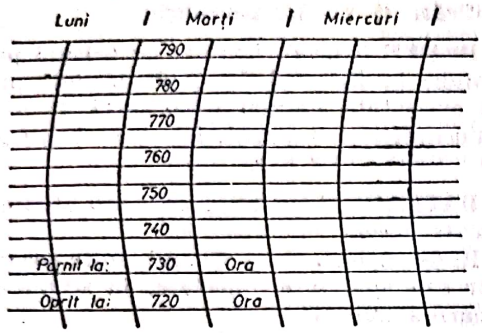


Fig. B.10. Barogramă.

BAROMETRU. Aparat pentru măsurarea presiunii atmosferice.

Cunoașterea presiunii absolute necesită determinarea presiunii atmosferice de referință, acest lucru făcîndu-se prin măsurarea ei cu ajutorul **b.** După principiul de funcționare, **b.** se clasifică în aparate bazate pe echilibrarea forțelor hidrostatice dintr-un lichid și aparate bazate pe principiul echilibrării forțelor elastice dintr-o membrană metalică.

B. cu lichid sînt **b.** cu mercur, care pot fi cu sifon și cu rezervor.

B. cu mercur echilibrează presiunea atmosferică cu presiunea hidrostatică a unei coloane de mercur. Utilizarea mercurului are o serie de avantaje față de alte lichide: densitate mare, tensiune de vapori mică și posibilitate de a putea fi obținut în stare pură. **B.** cu mercur pot fi construite cu tub în formă de „U" (fig. B.11 a), numite barometre cu sifon și cu rezervor (fig. B.11 b). Constructiv, **b.** cu sifon sînt mai simple, dar din cauza unor avantaje în utilizare, **b.** cu rezervor sînt mai des folosite.

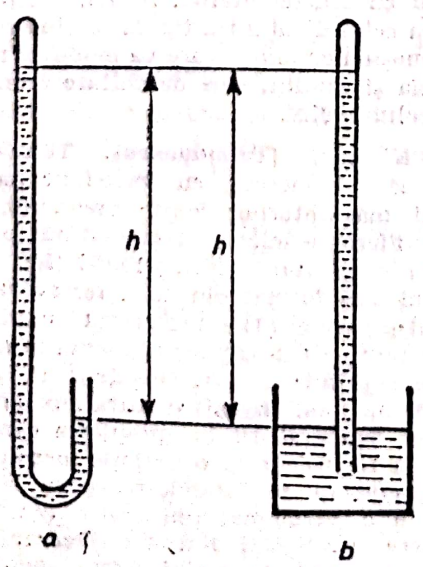


Fig. B.11. Tipuri de barometre cu mercur.

B. cu sifon (fig. B.11 a) este alcătuit dintr-un tub de sticlă în formă de „U", cu ramurile de lungime inegală. Ramura mai lungă este închisă la capăt, în timp ce ramura scurtă este deschisă, mercurul fiind în contact cu aerul. Deasupra mercurului din ramura lungă este un spațiu vidat, care se obține prin evacuarea aerului sau prin umplerea completă a tubului cu mercur în poziție orizontală și răsturnarea lui pînă devine vertical. Presiunea atmosferică, p_a, se determină pe baza diferenței de nivel a mercurului din cele două ramuri, prin relația: $p_a = \rho g h$, unde: ρ este densitatea mercurului [kg/m^3]; g — accelerația gravitațională (9,81 m/s^2); h — diferența de nivel [m]. Dezavantajul acestui tip de **b.** este citirea dificilă a diferenței de nivel h, din cauza modificării simultane a acesteia în cele două ramuri și, deci, a imposibilității de atașare a unei scări gradate fixe.

B. cu rezervor (fig. B.11 b) este alcătuit dintr-un tub transparent vertical, închis la extremitatea superioară și introdus cu partea de jos într-un rezervor cu un diametru mult mai mare. Presiunea atmosferică se determină tot cu relația $p_a = \rho g h$, în care h este diferența dintre nivelul mercurului din tub și cel din rezervor. În funcție de sistemul de măsurare a lungimii h, **b.** pot fi cu scară gradată mobilă și cu scară fixă. În primul caz (fig. B.12), tubul *1* și rezervorul *2* sînt fixe, iar rigla gradată *3* se poate deplasa paralel cu tubul, pînă cînd se aduce indicația zero la nivelul lichidului din rezervor. Citirea diferenței de nivel se face cu ajutorul unui vernier *4*. În cazul al doilea, cînd scara gradată este fixă, trebuie reglat nivelul mercurului din rezervor, pînă cînd se aliniază cu indicația zero a riglei. De exemplu, în cazul barometrului tip Fortin (fig. B.13), fundul rezervorului este mobil și

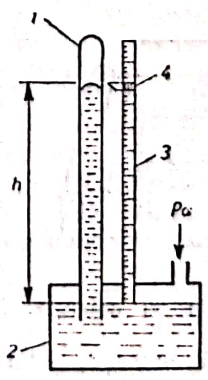


Fig. B.12. Barometru cu mercur, cu scară gradată mobilă.

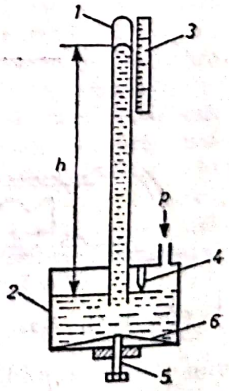


Fig. B.13. Barometru cu mercur, cu scară gradată fixă.

Scanned with OKEN Scanner

permite reglarea nivelului prin manevrarea şurubului *5*, pînă cînd se aduce la un nivel de referinţă fixat prin indicatorul *4*. Există, de asemenea, şi barometre cu rezervor la care toate componentele sînt fixe, dar scara gradată se etalonează de la început în aşa fel, încît să ţină seama de modificarea nivelului din rezervor.

Erorile de măsurare la **b.** cu lichid trebuie compensate prin următoarele *corecţii*:

— corecţia de temperatură, care ţine seama de variaţia cu temperatură a volumului lichidului, precum şi a dimensiunilor tubului şi a rezervorului;

— corecţia de menisc, care ţine seama de faptul că nivelul mercurului din tub este o suprafaţă curbă la care, dacă se ia ca nivel tangenta în vîrf, lungimea *h* rezultată este mai mare decît valoarea reală;

— corecţia de altitudine şi latitudine, care ţine seama de variaţia acceleraţiei gravitaţionale cu poziţia geografică.

B. metalice (aneroide) se bazează pe echilibrarea presiunii atmosferice prin forţa elastică a unei capsule metalice sau a unui tub curbat, tip Bourdon. Presiunea atmosferică acţionează pe partea exterioară a elementului elastic care se tensionează în prealabil prin scoaterea aerului din interior astfel, încît presiunea să nu depăşească 10^{-2} mmHg. Cele mai utilizate **b.** metalice în prezent sînt cele cu capsulă elastică (fig. B.14). Prin scoaterea aerului, capsula se comprimă cu atît mai mult, cu cît presiunea atmosferică este mai mare. Deplasarea capsulei este amplificată printr-un sistem de pîrghii care este în legătură cu un ac indicator. Acul se mişcă în faţa unei scări gradate direct în unităţi de presiune. Etalonarea aparatului se face prin modificarea distanţei dintre capsulă şi un ac lamelar care echilibrează parţial efectul presiunii atmosferice. **B.** metalice indică presiunea atmosferică cu o precizie de 0,2—1 mm Hg, avînd avantajul unei comportări mecanice satisfăcătoare în condiţii grele de

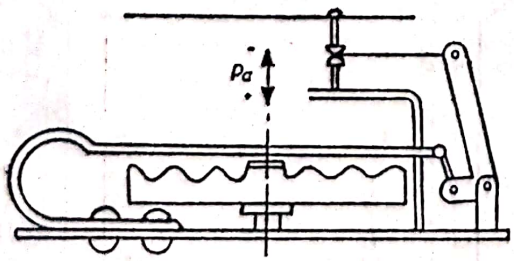


Fig. B.14. Barometru metalic cu capsulă.

funcţionare (umiditate ridicată, vibraţii, şocuri mecanice etc.). Dezavantajul principal al acestor **b.** este sensibilitatea la variaţia de temperatură şi modificarea în timp a proprietăţilor elastice ale capsulei.

În majoritatea utilizărilor practice, se preferă **b.** aneroide. În cazul măsurătorilor de precizie, se recomandă **b.** cu mercur, deoarece **b.** aneroide se pot deregla uşor şi, deci, necesită verificări şi reglări periodice.

BARYE (barye). Unitate de măsură pentru presiune în sistemul C.G.S. Reprezintă presiunea exercitată normal de o forţă de o dyn pe un centimetru pătrat: 1 barye=1 dyn/cm^2= =0,1 N/m^2=10^{-6} bar.

BATERIE. Grup de aparate sau utilaje care execută aceeaşi operaţie.

B. de cazane. Grup de mai multe cazane de abur sau apă, interconectate, în scopul funcţionării simultane.

B. de condiţionare (v. Condiţionarea aerului). Cameră de tablă sau zidărie în care se găsesc toate utilajele necesare tratării aerului (camera de umidificare, separatorul de picături, încălzitoarele, răcitoarele etc.).

B. de încălzire sau răcire. Schimbător de căldură compus din mai multe ţevi cu aripioare sudate la colectorul de intrare şi ieşire prin care circulă mediul încălzitor sau răcitor. Aerul sau mediul ce trebuie încălzit, respectiv răcit, circulă în jurul ţevilor.

Aripioarele sînt din tablă, de formă rotundă sau dreptunghiulară, cu secţiune dreaptă, tronconică sau parabolică, solidarizate cu ţeava prin presare şi apoi metalizate la cald în baie de cositor. Construcţiile uzuale ale **b.** de încălzire sau răcire sînt standardizate.

BEAU DE ROCHAS, Alphonse. Inginer francez (1815—1893). A lansat în 1862 ideea utilizării arderii unui amestec precomprimat, de aer şi gaze provenite dintr-un combustibil, în scopul producerii unui lucru mecanic util într-o maşină termică, care va deveni ulterior motorul cu ardere internă. Astfel, începe dezvoltarea celui de al 2-lea tip de maşină termică (după maşina cu abur), care va modifica radical industria şi condiţiile de dezvoltare economică ale secolului XX.

BECKMANN (Termometru). Termometru de sticlă cu mercur, cu imersiune parţială, destinat măsurătorilor foarte precise (0,01°C), a unor diferenţe mici de temperatură (pînă la 5°C), în intervalul —10...+150°C (fig. B.15). Aparatul este format din două rezervoare: rezervorul principal (*1*) şi rezervorul auxiliar (*4*), unite printr-un tub capilar (*3*), scara principală (*2*) care cuprinde 4—5°C (împărţit fiecare în cîte 100 de subdiviziuni) şi scara auxiliară (*5*). Valoarea temperaturii în apropierea căreia urmează să fie măsurată o variaţie necunoscută de temperatură se stabileşte prin reglarea prealabilă a termometrului care constă în deplasarea mercurului dintr-un rezervor în celălalt. Procedeul de reglaj diferă, în funcţie de tipul constructiv al termometrului.

Scanned with OKEN Scanner

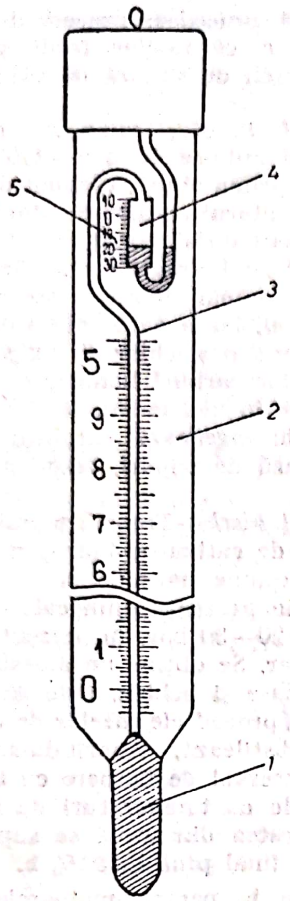


Fig. B.15. Termometru Beckmann:
1 — rezervor principal; *2* — scară principală; *3* — tub capilar; *4* — rezervor auxiliar; *5* — scară auxiliară.

BENZ, Karl. Inginer german (1844—1929). A construit unul din primele motoare în doi timpi, funcţionînd cu gaz (1878). A introdus brevetul privind utilizarea benzinei în motorul cu ardere internă (1886).

BENZINĂ. Amestec de hidrocarburi normale şi rafinate, cu 5—10 atomi de carbon şi cu temperatura de fierbere cuprinsă între 20 şi 200°C.

B. ultra-uşoară sau **gazolina** se obţine prin dezbenzinarea gazelor de sondă şi conţine pentan, izopentan, hexan etc., primele două hidrocarburi fiind predominante. Distilarea începe la 20°C; pînă la 100°C distilă 75—85%, iar pînă la 125°C distilă 98%. **B. uşoară,** cu intervalul de fierbere 50—150°C, **b. medie,** cu intervalul de fierbere 50—200°C şi **b. grea,** cu intervalul de fierbere 150—200°C, se obţin prin distilarea primară a ţiţeiului.

Consumul de **b.** crescînd vertiginos, s-au pus la punct procedee de valorificare a fracţiunilor de petrol mai grele: petrol lampant, motorină şi păcură parafinoasă, prin transformare în **b.** Aceste procedee de prelucrare secundară a produselor petroliere sînt cunoscute sub numele de *cracare.* După condiţiile în care are loc procesul de cracare, se deosebesc: cracare termică şi cracare catalitică.

Cracarea termică este procesul de scindare a legăturilor C—C şi C—H din parafinele superioare, sub acţiunea căldurii, conducînd la formarea de alcani şi alchene cu număr mic de atomi de carbon, care sînt mai stabile la temperaturi relativ înalte. Procesul este redat de reacţiile:

$$C_{m+n}H_{2\ m+n+2} \rightarrow C_mH_{2m} + C_nH_{2n+2}$$

$$C_nH_{2n+2} \rightarrow C_nH_{2n} + H_2.$$

Dacă descompunerea are loc sub temperatura de 650°C, procesul se numeşte cracare, iar peste această temperatură, se numeşte pirolizǎ.

Se cunosc două procedee de cracare termică:

— cracare în fază lichid-vapori, care se realizează la 390—500°C şi la presiune suficientă pentru ca o parte din hidrocarburi să fie în stare lichidă (15—20 bar);

— cracare în fază vapori, care are loc la 500—600°C şi la presiunea atmosferică sau cu o uşoară suprapresiune.

B. de cracare termică şi, în special, cea de cracare în fază de vapori sînt superioare **b.** obţinute prin prelucrarea primară, avînd un conţinut mai bogat în hidrocarburi aromatice, ceea ce le conferă o cifră octanică mai mare.

Cracarea catalitică se realizează prin încălzirea fracţiunilor petroliere grele, în fază de vapori, la temperaturi de aproximativ 450°C şi presiune de 1—15 bar, în prezenţa unui catalizator (silicaţi de aluminiu naturali şi sintetici, de magneziu şi zirconiu). Procesul de cracare catalitică conduce la **b.** cu conţinut mai mic de alchene şi mai mare de hidrocarburi aromatice. Ca rezultat, **b.** obţinută are o cifră octanică mai mare decît a celei obţinută prin cracare termică.

Din punctul de vedere al *tendinţei de detoţie* (în motoarele cu ardere internă cu aprindere prin scînteie), diferitele categorii de hidrocarburi se comportă distinct: alcanii normali produc detonaţie puternică, pe cînd izoalcanii, hidrocarburile aromatice şi metanul suportă comprimări mari fără a detona. Tendinţa de detonaţie a unei benzine se apreciază în tehnică, comparînd-o, într-un motor experimental special, cu un amestec de *n*-heptan, considerat cu cifră octanică 0 şi trimetilpentan sau izooctan, cu cifra octanică 100. *Cifra octanică* (C.O.) este dată de concentraţia izooctanului din amestecul de mai sus, exprimată procentual, care are comportare identică cu **b.** considerate. Cifrele octanice ale **b.** obţinute prin diferite procedee şi ale unor hidrocarburi sînt date în tabelul B.1. Cifra octanică a **b.** se poate ridica

cu 15—16 unităţi prin adăugare de tetraetil-plumb. Produsul industrial pentru mărirea C.O. a benzinelor are următoarea compoziţie, numită etil-fluid sau lichid etilic: tetraetil-plumb 61,42%, dibrom-etan 35,68%, colorant albastru 0,17%, iar restul — petrol şi impurităţi. Cifra octanică nu creşte proporţional cu cantitatea de etil-fluid, după cum se vede din tabelul B.2 (pentru b. cu C.O. 64). Etil-fluidul, conţinînd brom liber a cărui concentraţie creşte cu mărirea timpului de stocare, produce coroziunea organelor motorului şi de aceea adăugarea sa în b. este neconvenabilă. Pentru a obţine b. cu cifre octanice superioare se utilizează următoarele procedee catalitice: polarizare catalitică, alchilare catalitică şi termică, izomerizare catalitică, aromatizare catalitică.

Tabelul B.1

Cifrele octanice ale benzinelor obţinute prin procedeele de distilare şi cracare, precum şi ale unor hidrocarburi componente

BENZINA	CIFRA OCTANICĂ
Distilarea directă a uleiului parafinos	50—60
Distilarea directă a ţiţeiului asfaltos	72—76
Cracarea termică	60—65
Cracarea catalitică	80—85
Heptan	0
Izooctan	98
Hidrocarburi aromatice (toluen, izopropil-benzen)	100
Neohexan, triptan	100—115

Tabelul B.2

Creşterea cifrei octanice (CO) cu adaosul de etil-fluid

ADAOS DE ETIL FLUID [%]	C.O.
0	64
0,2	72
0,4	79
0,8	84
1,2	86

Datorită creşterii explozive a numărului de motoare cu ardere internă pentru autovehicule, b. obţinută prin prelucrarea ţiţeiului a început să devină insuficientă, fapt care a determinat dezvoltarea procedeelor de obţinere a b. pe cale sintetică. Din acest punct de vedere, se disting două procedee: procedeul Bergius de hidrogenare a cărbunilor fosili şi procedeul Fischer-Tropsch de sinteză de oxid de carbon şi hidrogen.

Procedeul Bergius comportă două etape, ambele realizîndu-se la 450—470°C şi 200—300 bar. În prima etapă, cărbunele fin pulverizat şi catalizatorul (oxalat de staniu, molibdat de amoniu sau sulfat feros) se amestecă cu un ulei greu şi se hidrogenează. Cărbunele fosil, care are un număr mare de atomi de carbon legaţi între ei, iar o parte din valenţe satisfăcute cu hidrogen şi chiar cu oxigen, se transformă în hidrocarburi lichide, care se separă prin distilare în ulei mediu şi ulei greu. Uleiul mediu se hidrogenează catalitic în a doua etapă, în fază de vapori, rezultînd ca produs principal b.

Procedeul Fischer-Tropsch permite obţinerea b. din oxid de carbon şi hidrogen (gaz de sinteză), la presiune normală şi temperatură de cca 300°C, în prezenţa unui catalizator de cobalt sau, la 20—30 bar, în prezenţa unui catalizator de fier. Se obţine un amestec de hidrocarburi gazoase şi lichide. Cele gazoase se valorifică după procedeele gazelor de cracare. Cele lichide se distilează, separîndu-se fracţiunea cu acelaşi interval de fierbere cu b. C_5—C_{10} şi hidrocarburile cu temperaturi de fierbere mai ridicate. Acestea din urmă se supun cracării, rezultînd în final pînă la 80% b.

Utilizarea b. pentru motoarele cu ardere internă este în funcţie de tipul acestora. Astfel, b. reprezintă combustibilul general utilizat pentru motoarele cu aprindere prin scînteie. La acestea, cu cît raportul de compresie este mai ridicat, cu atît b. utilizată trebuie să posede o cifră octanică mai mare, pentru evitarea detonaţiei.

B. pentru motoarele de aviaţie au o rezistenţă la detonaţie mai mare decît cele pentru automobile, deoarece motoarele respective au raporturi de comprimare mai ridicate. B. de aviaţie au şi temperatura finală de fierbere mai joasă, iar în compoziţia lor nu se admit, decît în mică proporţie, hidrocarburile nesaturate pentru a nu produce gaze. În plus, aceste b. trebuie să aibă şi temperatura de congelare joasă, pentru a asigura funcţionarea motorului la altitudini mari, condiţie ce limitează proporţia de hidrocarburi aromatice.

BERNOULLI, Daniel. Fizician francez (1700—1792). A elaborat prima teorie cinetică a gazelor şi principiul conservării „forţei vii" în hidraulică.

BERNOULLI (Teorema lui). Defineşte expresia principiului conservării energiei pentru fluide în mişcare.

Pentru un fluid perfect (neviscos) şi incompresibil, în mişcare nepermanentă sub acţiunea cîmpului gravitaţional, între două puncte

1 și 2 de pe aceeași linie de curent, se poate scrie relația:

$$e_1 = e_2 + \int_{1-2} \frac{\partial \vec{w}}{\partial \tau} \vec{dr},$$

unde: $e = \frac{w^2}{2} + \frac{p}{\rho} + gz$ reprezintă energia totală specifică a fluidului și suma energiilor specifice cinetice, de presiune și de poziție; w — viteza de curgere a fluidului; p — presiunea statică; ρ — densitatea fluidului; g — accelerația gravitației; z — poziția (cota) față de un plan de referință. Dacă, în particular, mișcarea este permanentă $\left(\frac{\partial w}{\partial \tau} = 0\right)$, iar celelalte ipoteze se mențin, rezultă $e_1 = e_2$; presupunînd, în plus, că mișcarea este potențială (rot $w = 0$), atunci $e = \text{const.}$ în toată masa fluidului.

În cazul general al fluidului real (vîscos) și incompresibil, în mișcare nepermanentă, în membrul al doilea al ecuației trebuie adăugat termenul inerțial $\Delta e_{in} = gh_{in} = \int_{1-2} \frac{\partial \vec{w}}{\partial \tau} \vec{dr}$, iar dacă disiparea de energie între punctele 1 și 2, datorită viscozității fluidului, nu poate fi neglijată, atunci mai trebuie adăugat și termenul $\Delta l_p = gh_p$. Ecuația lui **B.** capătă, astfel, forma generală:

$$\frac{w_1^2}{2} + \frac{p_1}{\rho} + gz_1 = \frac{w_2^2}{2} + \frac{p_2}{\rho} + gz_2 + \int_{1-2} \frac{\partial \vec{w}}{\partial \tau} \vec{dr} + l_{fr}$$

în care l_{fr} este denumit pierderea de sarcină.

În cazul fluidului real (vîscos) și incompresibil, în mișcare permanentă, $e_1 - e_2 = \Delta e_p$. Deci, diferența energiilor specifice este egală cu lucrul mecanic pentru învingerea forțelor de viscozitate.

Pentru un tub de curent cu secțiune transversală variabilă, poziționat ca în fig. B.16 față de un plan de referință, relația lui **B.** devine:

$$\frac{w_1^2}{2} + \frac{p_1}{\rho} + gz_1 = \frac{w_2^2}{2} + \frac{p_2}{\rho} + gz_2 + l_{fr},$$

unde l_{fr} reprezintă pierderi prin ireversibilități.

Dacă fluidul este perfect, iar mișcarea este nepermanentă, relația lui **B.** pentru o linie de curent are forma:

$$\frac{w_1^2}{2} + \frac{p_1}{\rho} + gz_1 = \frac{w_2^2}{2} + \frac{p_2}{\rho} + gz_2 + \int_1^2 \frac{\partial w}{\partial \tau} ds,$$

în care τ este timpul, iar ds — elementul de linie de curent.

În cazul curgerii adiabatice a unui fluid compresibil:

$$\frac{w^2}{2} + gz + h = \text{const.},$$

unde h este entalpia specifică în raport cu masa.

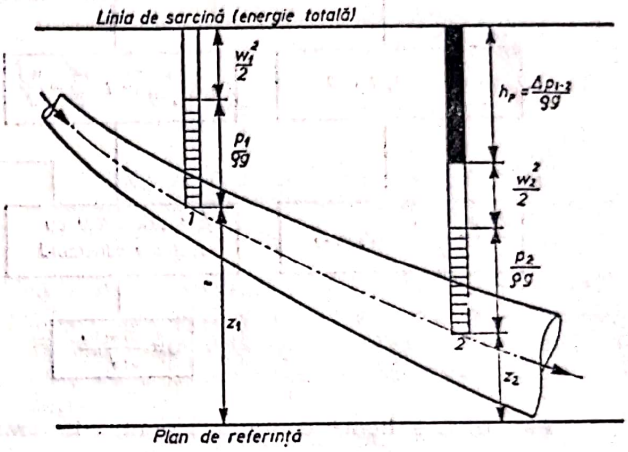


Fig. B.16. Reprezentarea grafică a relației lui Bernoulli pentru fluide reale în regim permanent de curgere.

Dacă forțele masice sînt neglijabile, rezultă:

$$\frac{w^2}{2} + h = h_0$$

sau:

$$\frac{w^2}{2} + \frac{a^2}{k-1} = \frac{a_0^2}{k-1},$$

în care: a este viteza de propagare a sunetului în fluid ($a = \sqrt{k \cdot p/\rho} = \sqrt{kRT}$); k — exponentul adiabatic; R — constanta gazelor; T — temperatura absolută; h_0 — entalpia frînată (indicele „0" corespunde stării de repaus).

Principalele aplicații tehnice ale teoremei lui **B.** (din care unele sînt arătate în fig. B.17) sînt:

a) *Calculul pierderilor de presiune în conducte.* Pierderile cuprind pierderi liniare (în porțiunile rectilinii) și pierderi locale (produse de variațiile de secțiune de curgere și de modificările direcției de curgere):

$$\Delta p = \Delta p_{lin} + \Delta p_{loc} = f \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{w^2}{2} + \xi \frac{w^2}{2} = \left(f \cdot \frac{l}{d} + \xi\right) \frac{w^2}{2} = f_{ech} \cdot \frac{w^2}{2},$$

în care: Δp_{lin} reprezintă pierderile liniare de înălțime (relația lui Darcy-Weisbach); Δp_{loc} — pierderile locale de presiune, ambele calculate

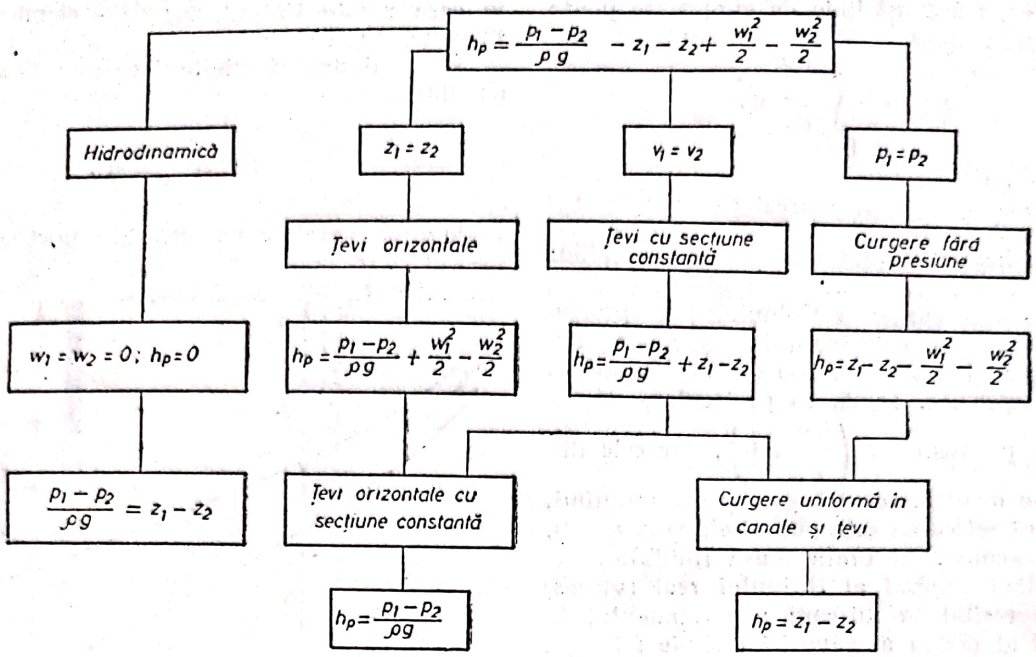


Fig. B.17. Schemă energetică pentru ilustrarea unor aplicații ale teoremei lui Bernoulli.

prin aplicarea unui multiplicator energiei cinetice a fluidului $= w^2/2$; f — coeficientul de frecare liniară; l — lungimea conductei; d — diametrul interior al conductei; ξ — coeficientul de pierderi locale; $f_{cch} = f \cdot \frac{l}{d} + \xi$.

b) *Calculul înălțimii de refulare a pompelor*:

$$H = \frac{p_1 - p_2}{\rho g} + (z_1 - z_2) + \left(\frac{w_1^2}{2g} - \frac{w_0^2}{2g}\right) + h_p,$$

în care: primul termen este înălțimea corespunzătoare diferenței de presiune statică; al doilea termen — înălțimea geodezică; al treilea termen — înălțimea corespunzătoare diferenței de energie cinetică; ultimul termen — pierderea de înălțime în rezistențele hidraulice liniare și locale ale traseului conductei.

c) *Calculul vitezei* w_2 cu care un lichid iese la presiunea p_2 printr-un orificiu mic de secțiune S_2, plasat în peretele unui rezervor, la adîncimea h sub suprafața liberă, de arie S_1 și supusă presiunii p_1. Dacă orificiul are aria suficient de mică ($S_2 \ll S_1$), astfel încît să se poată neglija viteza de coborîre a suprafeței libere ($w_1 \ll w_2$), atunci se obține relația lui Torricelli:

$$w_2 = \sqrt{2g\left(\frac{p_1 - p_2}{\rho g} + h\right)} \text{ [m/s]}.$$

În cazul în care $p_1 = p_2$ (de regulă, egală cu presiunea atmosferică p_0), viteza prin orificiu este $w_2 = \sqrt{2gh}$.

Debitul teoretic de lichid printr-un orificiu mic liber de secțiune s, plasat la adîncimea h sub suprafață liberă (supusă presiunii atmosferice) a lichidului dintr-un rezervor rezultă din ecuația de continuitate:

$$\dot{m}_t = s\sqrt{2gh} \quad [\text{m}^3/\text{s}].$$

În realitate, debitul real este mai mic decît cel teoretic, deoarece apare fenomenul de contracție a jetului și pierderea de sarcină prin orificiu. Debitul real este:

$$\dot{m} = \mu s\sqrt{2gh} \quad [\text{m}^3/\text{s}],$$

în care μ este coeficientul de debit (egal aproximativ cu 0,62 pentru orificiile circulare și dreptunghiulare).

BERTHELOT, Marcelin. Chimist francez (1827—1907), autor de lucrări privind sinteza corpurilor organice și termochimia.

BERTHELOT (Calorimetru). Face parte din categoria calorimetrelor cu variație de temperatură (fig. B.18). Se compune dintr-un vas

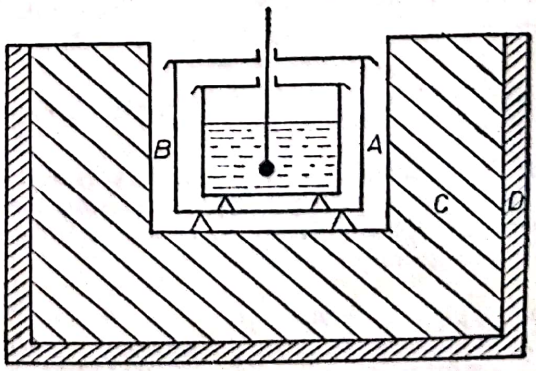


Fig. B.18. Calorimetru Berthelot.

cilindric (din alamă sau sticlă) în care se introduce agentul calorimetric, care e conținut într-o incintă (*B*) cu pereți avînd un ridicat grad de reflexie, ea însăși introdusă într-un recipient (*C*), cu pereți dubli în care se găsește un lichid izolator și un strat de pîslă (*D*). Pentru a evita pierderile de căldură prin conductivitate, atît vasul (*A*), cît și incinta (*B*) sînt așezate pe suporturi de plută.

Calorimetrul **B.** poate fi folosit fie pentru măsurarea căldurii specifice (a unui solid sau lichid), fie pentru măsurarea căldurii de reacție, în care caz substanțele ce reacționează sînt conținute într-un rezervor cu pereți subțiri montat în vasul calorimetric. Calorimetrul **B.** poate fi folosit și pentru măsurarea unei cantități de căldură; în acest caz, în vasul calorimetric se introduce o bombă calorimetrică în care se produce procesul de ardere cercetat.

BERTHELOT (Principiullui). Reprezintă una din primele încercări (1867) de a determina afinitatea chimică a substanțelor care reacționează. Conform acestui principiu, afinitatea chimică ar fi egală cu căldura de reacție, adică, egală cu variația entalpiei în timpul reacției ΔH^r. Conform cu principiul lui **B.**, sensul de desfășurare spontană al reacțiilor chimice ar fi acela în care entalpia de reacție a sistemului format din substanțele inițiale și finale este negativă, adică acela corespunzător reacției exotermice ($\Delta H^r < 0$).

Definirea corectă a afinității chimice a fost făcută de *W. Gibbs, H. V. Helmholtz* și *G. H. Van't Hoff*, pe baza principiului al II-lea al termodinamicii aplicat reacțiilor chimice (1878). Mărimea care exprimă cel mai corect sensul unei reacții chimice izobar-izoterme (în general, al oricărei transformări izobar-izoterme) este entalpia liberă (potențialul Gibbs, G):

$$\Delta G^r = \Delta H^r - T\Delta S^r,$$

unde: ΔG^r este variația entalpiei libere (denumită afinitate chimică); ΔH^r — variația entalpiei (căldura de reacție); ΔS^r — variația entropiei în timpul reacției și T — temperatura termodinamică. Sensul de desfășurare spontană a reacțiilor chimice izobar-izoterme este cel corespunzător valorilor negative pentru entalpia liberă a sistemului (format din substanțele inițiale și finale), deci $\Delta G^r < 0$. Principiul lui **B.**, care la vremea respectivă a marcat un pas înainte în studiul reacțiilor chimice, reprezintă o aproximație satisfăcătoare pentru reacțiile exotermice ($\Delta H^r < 0$) care se desfășoară la temperaturi scăzute ($T\Delta S^r$ — mic) și, în general, pentru acele reacții exotermice în care $|\Delta H^r| \geqslant |T\Delta S^r|$, astfel încît se poate considera $\Delta G^r \approx \Delta H^r$.

BIELĂ. Organ mobil al mecanismului motor al mașinilor termice cu piston, care transmite forța de presiune a gazelor de la piston la arborele cotit și servește la transformarea mișcării alternative de translație a pistonului în mișcare de rotație a arborelui cotit, sau invers (cazul compresoarelor cu piston). **B.** se compune din trei părți (fig. B.19): **piciorul b.**,

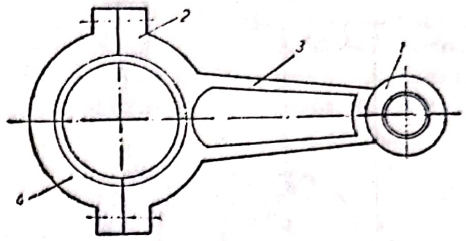


Fig. B.19. Bielă; părți componente: *1* — piciorul bielei; *2* — capul bielei; *3* — corpul bielei; *4* — capacul bielei.

care se articulează cu pistonul prin intermediul axului pistonului; **capul b.**, care se articulează cu fusul-maneton al arborelui cotit; **corpul b.**, care asigură legătura mecanică dintre primele două.

În cazul motoarelor cu ardere internă, **b.** este puternic solicitată de către forțele care acționează după axa cilindrului: forța de presiune a gazelor solicită **b.** la compresiune, flambaj și încovoiere; forța de inerție a grupului piston solicită **b.** la întindere și compresiune. Solicitări suplimentare de întindere, compresiune și încovoiere apar în corpul **b.** datorită forțelor proprii de inerție, axiale și tangențiale. De asemenea, **b.** este solicitată la oboseală, datorită variației forțelor în cursul unui ciclu. Sub acțiunea forțelor, părțile componente ale **b.** se deformează diferit. Forța de presiune produce în corpul **b.** o deformație remanentă care micșorează lungimea L (fig. B.20 a) între axele piciorului și capului, împiedicînd astfel mișcarea liberă. Aceeași forță produce flambarea corpului **b.**, care tinde să modifice paralelismul axelor (fig. B.20 b) și duce la uzura rapidă a lagărelor. Sub acțiunea forțelor axiale de inerție, piciorul și capul **b.** se ovalizează (fig. B.20 c), accentuînd pericolul de gripaj. Forțele tangențiale de inerție produc încovoierea corpului **b.** (fig. B.20 d). Din aceste motive, **b.** trebuie să posede rezistență mecanică și rigiditate superioare. Acestea se asigură prin construcția **b.** din materiale cu rezistență ridicată la oboseală, plasticitate corespunzătoare (rezistența la șoc) și greutate specifică redusă. Materialul cel mai utilizat pentru **b.** motoarelor cu ardere internă este oțelul de îmbunătățire, cu conținut mediu de carbon (0,35—0,45 %). Se folosește, în acest scop, oțelul de calitate — mărcile OLC 45X, OLC 60 sau oțeluri aliate cu crom, mangan, molibden, nichel, vanadiu — mărcile 40 C 10, 41 MoC 11, 41 VMoC 17. Rezistența la rupere a oțelurilor pentru **b.** trebuie să fie de 70—120 daN/mm^2.

Scanned with OKEN Scanner

Mai rar, în cazul motoarelor cu aprindere prin scînteie, puţin solicitate, se utilizează fonta maleabilă perlitică, tratată termic. Aliajele de aluminiu se folosesc foarte rar în construcţia b. pentru motoare, deoarece au limita de rezistenţă la oboseală mai scăzută. B. din aliaje speciale de aluminiu au o greutate redusă, însă sînt mai scumpe decît cele din oţel. Ele se utilizează în cazuri deosebite, pentru motoare de turaţie foarte înaltă.

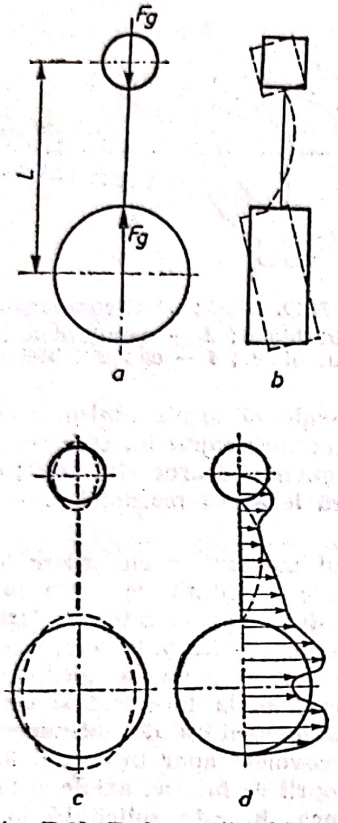


Fig. B.20. Deformaţiile bielei:
a, c, d — planuri de oscilaţie; *b* — plan de încastrare.

Din punct de vedere funcţional, o deosebită importanţă prezintă lungimea b., *L*. B. lungi conduc la forţe normale mai reduse ($N = F \cdot \operatorname{tg} \beta$), deoarece oblicitatea β este mai mică; acestea determină micşorarea uzurii cilindrului şi pistonului şi permit reducerea lungimii mantalei pistonului. Soluţia este dezavantajoasă, întrucît conduce la mărirea înălţimii motorului, la reducerea rigidităţii b., la apariţia unor solicitări importante de încovoiere şi flambaj în corpul b., precum şi la mărirea greutăţii b. Lungimea *L* este condiţionată şi de necesitatea ca b. să nu lovească marginea inferioară a cilindrului, în momentul în care oblicitatea este maximă. Totodată, lungimea *L* influenţează şi greutatea b., care trebuie să fie cît mai mică, deoarece forţele de inerţie axiale creează solicitări mari în lagăre. Valorile recomandate pentru lungimea b. sînt următoarele: pentru motoare cu aprindere prin comprimare $\Lambda = R/L = 1/3{,}7 - 1/5$, iar pentru motoare cu aprindere prin scînteie $\Lambda = 1/3 - 1/4$ (R = raza manivelei).

B. *principală* este b. ambielajului articulat al unei maşini termice cu piston care transmite cuplul motor a doi sau a mai multor cilindri (motoare în V, W, stea etc.) asupra aceluiaşi fus-maneton al arborelui cotit. Capul b. principale poate fi secţionat sau nesecţionat, după cum asamblarea pe fusul-maneton se face prin arbore nedemontabil sau demontabil.

B. *secundară* (*bieletă*) este b. ambielajului articulat al unei maşini termice cu piston care transmite cuplul motor a doi sau a mai multor cilindri asupra aceluiaşi fus-maneton al arborelui cotit, care se articulează pe fusul-maneton indirect, prin intermediul capului b. principale. Capul b. secundare este nesecţionat şi se asamblează la capul b. principale prin intermediul ochiului şi al unui ax de asamblare (fig. B.21). Lungimea b. secundare a mecanismului motor cu ambielaj articulat este identică. Cinematica mecanismului motor cu b. secundară diferă de cinematica mecanismului motor cu b. principală, datorită lungimilor diferite ale braţelor b. secundare.

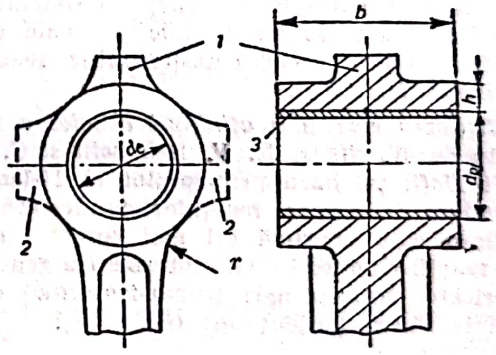


Fig. B.21. Forme constructive ale piciorului bielei:
1 — material în exces, amplasat la partea superioară; *2* — material în exces, amplasat lateral; *3* — bucşă din bronz sau cuzinet; d_e — diametrul exterior al axului pistonului; d_{pi} — diametrul interior al piciorului bielei; d_{pe} — diametrul exterior al piciorului bielei; b — lăţimea piciorului bielei; r — raza de racordare a piciorului de corpul bielei.

Piciorul b. Particularităţile constructive ale piciorului b. depind de tipul motorului. La motoarele rapide, piciorul b. are forma unui manşon rigid, prevăzut cu anumite incidenţe, determinate de tipul de montaj al axului pistonului. La partea superioară (uneori lateral), se prevede material în exces (fig. B.21 a) pentru corectarea greutăţii. Rigidizarea piciorului b. se realizează fie prin mărirea razei de racordare a piciorului cu corpul b. (fig. B.21 b), soluţie care duce însă la pierderea zvelteţei şi

mărirea greutății **b.**, fie prin îngroșarea părții inferioare a piciorului, prin dezaxarea orificiului interior (fig. B.21 c), soluție care se aplică mai mult la motoarele cu aprindere prin comprimare, la care forța de presiune este mult mai mare decît forța de inerție a maselor cu mișcare de translație. Cînd axul pistonului se montează fix pe picior, atunci acesta se prevede cu o tăietură, cel mai ades executată lateral (fig. B.22) pentru ușurarea montajului. Cînd

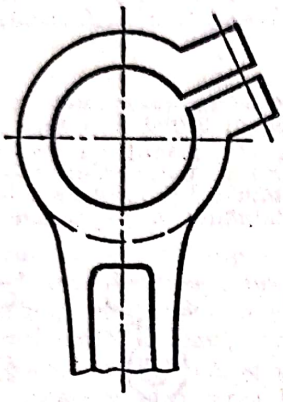


Fig. B.22. Picior de bielă elastic pentru montajul fix al axului de piston.

axul pistonului este mobil în piciorul **b.**, apare necesitatea ungerii suprafețelor de lucru. Dacă ungerea se face liber, atunci se practică la partea superioară a piciorului **b.** fie un orificiu (fig. B.23 a), fie o tăietură (fig. B.23 b) pentru accesul ceții de ulei. În vederea micșorării frecării dintre suprafețele de lucru, se introduce în piciorul **b.** o bucșă din bronz sau cuzinet (fig. B.24). Uneori, bucșa se evazează la partea superioară creîndu-se posibili-

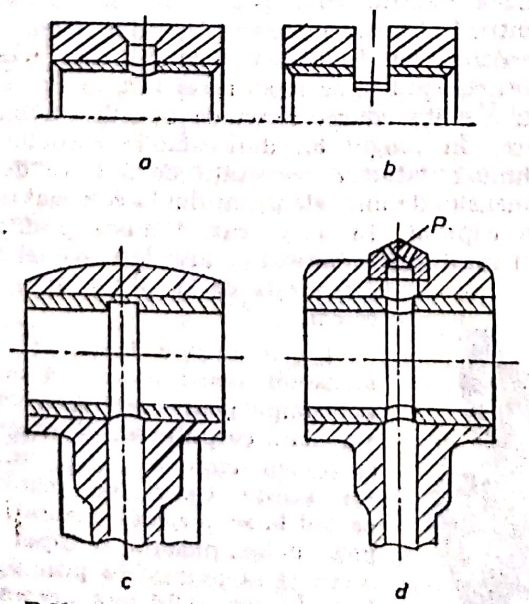


Fig. B.23. Soluții constructive pentru ungerea piciorului bielei:
P — pulverizator.

tatea formării unei perne de ulei, care alimentează continuu cu ulei partea inferioară, mai puternic solicitată de către forța de presiune a gazelor. Bucșa se montează în picior cu strîngere. Dacă presiunea specifică dintre axul pistonului și bucșă atinge valori ridicate, aceasta se montează flotant pentru a uniformiza uzura, ungerea asigurîndu-se pe ambele suprafețe de reazem ale ei (bucșa flotantă se utilizează mai ales la motoarele în doi timpi la care sarcina

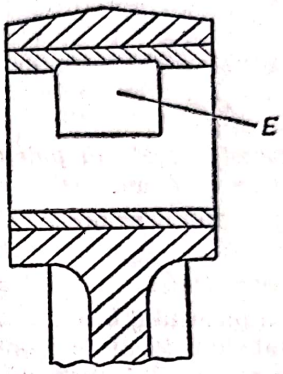


Fig. B.24. Evazarea bucșei piciorului bielei pentru formarea penei de ulei *E*.

este pe un singur sens). Cel mai des, însă, la valori mari ale presiunii specifice dintre axul pistonului și piciorul **b.** (motoare puternic încărcate), se practică ungerea sub presiune. Uleiul este adus între suprafețele de lucru printr-un canal practicat în corpul **b.** (fig. B. 23 c). Prezența uleiului sub presiune în piciorul **b.** oferă posibilitatea răcirii fundului pistonului cu jet de ulei. În acest scop, piciorul **b.** conține pulverizatorul *P* (fig. B.23 d). La încărcări foarte mari ale piciorului **b.**, cînd axul pistonului este mobil în picior, se prevede montajul prin intermediul unui rulment cu ace care mărește durata de funcționare a articulației. La motoarele lente, piciorul **b.** este mult mai robust, deoarece mărirea maselor în mișcare nu are aceeași însemnătate ca la motoarele rapide; la motoarele cu cap de cruce, piciorul **b.** se construiește în furcă (fig. B.25) și se secționează pentru a face posibilă legătura cu

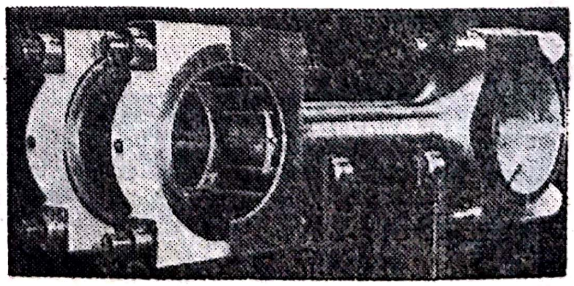


Fig. B.25. Picior de bielă în furcă pentru motoare navale cu cap de cruce.

Scanned with OKEN Scanner

axul capului de cruce. Dimensiunile caracteristice ale piciorului **b.** (v. fig. B.21 a) se determină pe baza datelor constructive. Solicitarea periculoasă a piciorului **b.** este solicitarea la oboseală, introdusă de întinderea provocată de forţa de inerţie a maselor cu mişcare de translaţie, de compresiunea produsă de forţa de presiune a gazelor şi de strîngerea produsă de bucşă, la montarea acesteia în piciorul **b.** Verificarea la oboseală presupune precizarea coeficientului de siguranţă la oboseală (c_σ), în secţiunea de încastrare a piciorului în corpul **b.**, luînd în consideraţie ciclul de solicitare la oboseală alternativ simetric sau pulsator. Valorile admisibile ale c_σ, pentru materialele din care se execută **b.**, sînt:

a) *la motoarele rapide în patru timpi*:
- pentru regimul nominal $c_\sigma = 2{,}5...5$
- pentru regimul de mers în gol $c_\sigma = 4...7$

b) *la motoarele lente*: $c_\sigma \geqslant 4$.

Deformaţia piciorului **b.** nu trebuie să depăşească jumătate din jocul de montaj, pentru a preveni griparea axului pistonului, în cazul montajului flotant.

Corpul b. Construcţia corpului **b.** depinde de solicitările la care este supus, de considerente funcţionale şi tenhologice, precum şi de legăturile pe care le are cu piciorul şi capul. Corpul **b.** este supus solicitării de flambaj. Solicitarea la flambaj este principal posibilă în două planuri ale **b.**: în planul de mişcare (planul de oscilaţie) în care **b.** se consideră articulată (fig. B.26) şi într-un plan normal în care **b.** se consideră încastrată (planul de încastrare sau planul arborelui). Întrucît la barele articulate solicitarea la flambaj este de patru ori mai mare decît la cele încastrate, se impune, la aceeaşi valoare a efortului unitar, ca momentul de inerţie al secţiunii transversale a corpului să fie de patru ori mai mare faţă de axa din planul de încastrare decît faţă de cea din planul de oscilaţie. O asemenea condiţie poate fi satisfăcută numai dacă secţiunea transversală a capului este de forma unui „dublu T", cu tălpile paralele cu planul de încastrare (fig. B.26). În fig. B.27 sînt prezentate diferite forme ale secţiunii transversale a corpului **b.** Secţiunile cu raze mari de racordare (fig. B.27 a) sînt mai convenabile fabricaţiei, deoarece necesită matriţe cu muchii rotunde, care se uzează mai greu. În schimb, **b.** cu raze mici de racordare sînt mai zvelte. Secţiunea găurită (fig. B.27 b,c) se utilizează pentru **b.** la care ungerea piciorului se face sub presiune, iar lungimea corpului este relativ mică. Corpul **b.** se racordează larg la cap pentru a evita concentrarea de tensiuni la îmbinare. În lungul **b.**, dimensiunile corpului se schimbă datorită necesităţii de a trece de la dimensiunile mici ale piciorului la cele mai mari ale capului. În acest caz, lăţimea profilului (B) rămîne neschimbată., însă lăţimea tălpilor (H) creşte de la picior spre capul **b.**

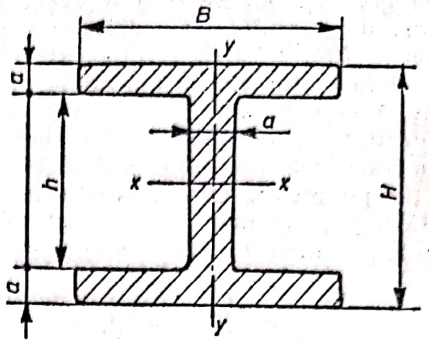


Fig. B.26. Secţiunea transversală a corpului bielei, în formă de dublu T:
x—x — axa din planul de oscilaţie; y—y — axa din planul de încastrare; H — lăţimea tălpilor; B — lăţimea profilului; h — lăţimea interioară a tălpilor; a — grosimea profilului.

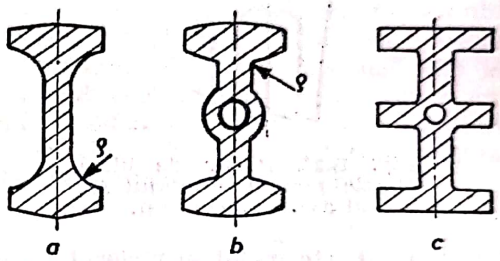


Fig. B.27. Forme constructive ale secţiunii transversale a corpului bielei.

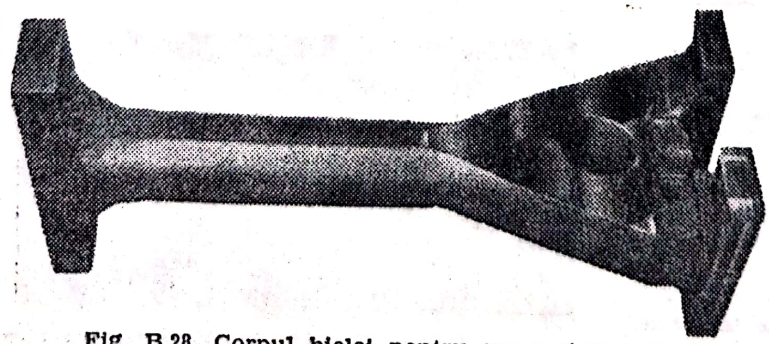


Fig. B.28. Corpul bielei pentru un motor naval cu cap de cruce.

La motoarele lente, de dimensiuni mari, se preferă forme mai simple pentru secţiunea transversală a corpului **b.**, de exemplu secţiunea circulară (fig. B.28). La aceste tipuri de motoare, corpul **b.** se forjează separat, ca piesă unică, piciorul şi capul urmînd să se asambleze prin şuruburi. În fig. B.28 este prezentat corpul **b.** pentru un motor naval cu cap de cruce.

Scanned with OKEN Scanner

Corpul **b.** este solicitat la întindere și compresiune sub acțiunea forțelor dirijate în sensul axei **b.**, precum și la încovoiere, datorită forțelor de inerție tangențiale proprii. La ambielajul articulat, pentru **b.** principală, solicitarea la încovoiere este majorată de acțiunea **b.** secundare exercitată asupra **b.** principale. Pentru **b.** cu secțiunea transversală în formă de „dublu T", dimensiunile caracteristice ale profilului (v. fig. B.26) se determină pe baza datelor constructive. La aceste **b.**, corpul se verifică și la solicitarea de flambaj. Verificarea constă, pentru motoarele rapide, în precizarea eforturilor unitare de compresiune în secțiunea mijlocie a corpului, în cele două plane de flambaj — oscilație și încastrare — (σ_{adm} = =1 500...2 000 daN/cm^2), iar pentru motoarele lente, în calculul coeficientului de siguranță la flambaj ($c_{\sigma\,min}$=3...6).

Întrucît corpul **b.** este supus unor solicitări variabile de întindere și compresiune, foarte importantă este și verificarea la oboseală. Verificarea se realizează în două secțiuni caracteristice ale corpului: mijlocie și minimă (sub piciorul **b.**). Deoarece încărcarea **b.** se modifică atît cu regimul de funcționare, cît și cu poziția mecanismului motor, pentru verificarea la oboseală se mai precizează regimurile caracteristice și pozițiile în care se obțin eforturile unitare cele mai mari. Valorile admisibile ale coeficientului de siguranță la oboseală, pentru diferite tipuri de motoare, sînt prezentate în tabelul B.3.

Tabelul B.3

Valorile admisibile ale coeficientului de siguranță la oboseală pentru corpul bielei

Coeficient de siguranță	Regim nominal			Regim de mers în gol
Tip motor (mecanism)	$c_{\sigma\,min}$	$c_{\sigma\,x}$	$c_{\sigma\,y}$	
În linie (mecanism normal)	2—4			5—7
În „V"	1,5—2,0	1,5—2,7	1,6—3,3	
În „stea"	2,0—2,5	2,2—3,0	3,5—5,5	

$c_{\sigma\,min}$ — coeficientul de siguranță în secțiunea minimă

$c_{\sigma\,x}$, $c_{\sigma\,y}$ — coeficientul de siguranță în secțiunea medie, în planul de oscilație și în planul de încastrare

Capul b. Construcția capului **b.** este condiționată de montajul pe fusul-maneton. În general, capul **b.** are forma unui manșon rigid, prevăzut cu o nervurație puternică, care-i asigură o bună rigiditate.

Cînd arborele cotit este nedemontabil, capul **b.** se secționează după un plan normal pe axa **b.** (v. fig. B.19), rezultînd astfel un capac care se asamblează la cap prin intermediul a două sau a mai multor șuruburi. În vederea simplificării montajului mecanismului motor este de dorit ca partea din capul **b.**, solidară cu corpul, să poată trece prin cilindru. În acest sens, pentru diametre ale capului **b.** mai mari decît diametrul cilindrului, secționarea capului se realizează după un plan oblic, înclinat de obicei la 45° (fig. B.29 a) și mai rar la 30° sau 60°, față de planul de încastrare. La secționarea oblică, forța de întindere care solicită capul (F_i) se descompune în două componente (fig. B.29 a). Componenta axială F_{ia} solicită

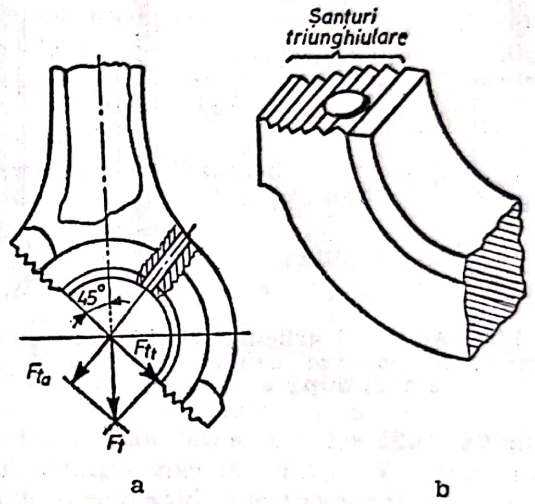


Fig. B.29. Forțele care solicită capului bielei secționat oblic:
a — planul de secționare este înclinat la 45°;
b — șanțuri de secțiune triunghiulară, prelucrate pe capacul bielei.

șurubul la întindere, iar cea tangențială F_{it}, la forfecare. Întrucît solicitarea de forfecare nu este permisă pentru șuruburile de **b.**, acestea se descarcă de componenta tangențială F_{it} prin intermediul unor praguri sau șanțuri triunghiulare (fig. B.29 b), practicate pe suprafețele de separație ale capului și capacului **b.** Capacul **b.** se rigidizează prin nervuri (fig. B.30) care măresc, însă, greutatea. La unele construcții, la care ungerea cămășii de cilindru se realizează prin stropire, în zona superioară a capului se practică un orificiu (v. fig. B.29 a) prin care uleiul este proiectat sub presiuee pe oglinda cilindrului.

La ambielajul articulat, capul **b.** este prevăzut cu ochiurile necesare articulării **b.** secun-

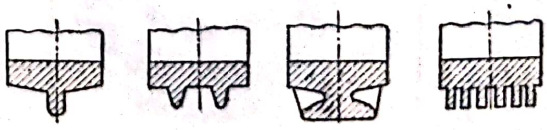


Fig. B.30. Nervuri de rigidizare a capacului bielei.

dare. Pentru motoarele în „V", unde există un singur ochi (fig. B.31), apare o asimetrie a capului care necesită secționarea lui după un plan oblic. La motoarele navale semirapide, secționarea este posibilă și după un plan orizontal.

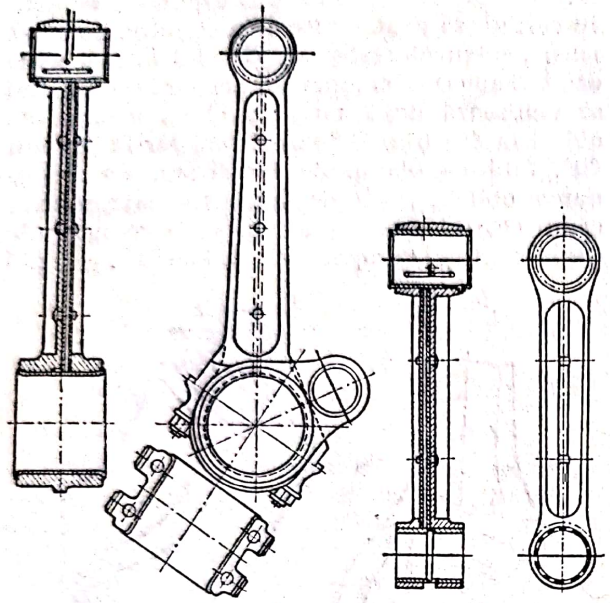


Fig. B.31. Ambielaj articulat cu bielă secundară normală. Secționarea capului bielei este executată după un plan oblic.

În fig. B.32 este prezentat ambielajul motorului naval VV 52/55 la care capul **b.** constituie piesă separată; asamblarea corpului **b.**

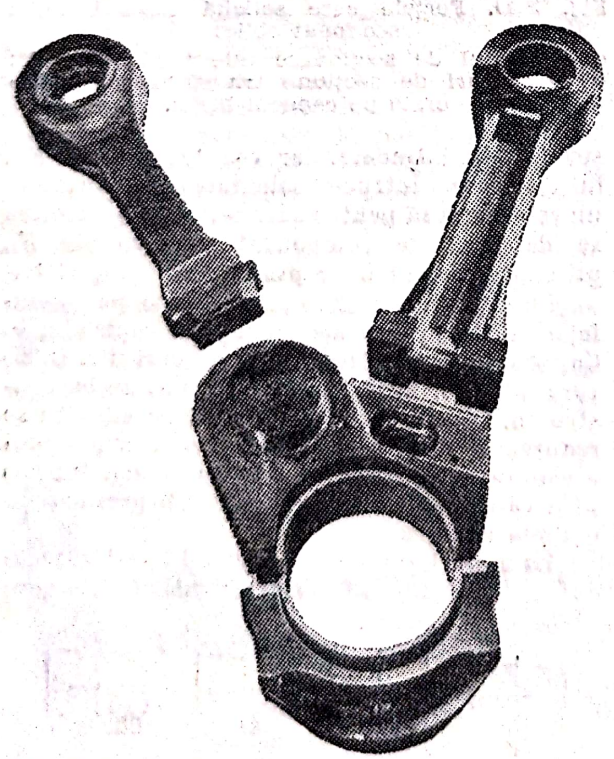


Fig. B.32. Secționarea capului bielei după un plan orizontal pentru un motor naval semirapid.

principale și **b.** secundare la cap se realizează prin intermediul unor șuruburi. Cînd **b.** principală este articulată cu mai mult de două **b.** secundare (cazul motoarelor în stea — fig. B.33), secționarea capului nu mai este posibilă și, ca atare, arborele cotit se realizează

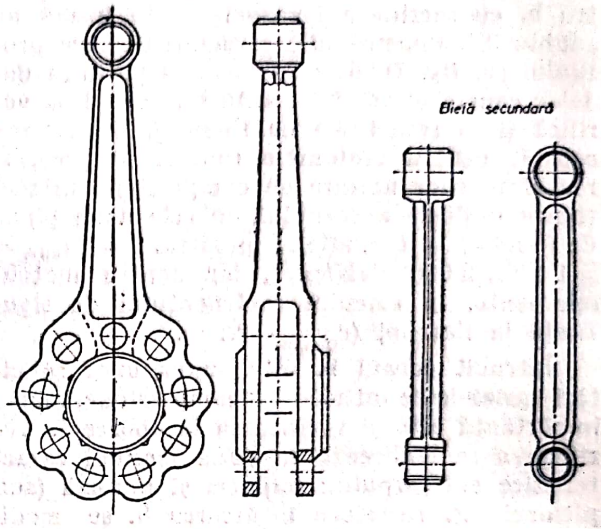


Fig. B.33. Ambielaj articulat pentru un motor în stea cu 9 cilindri.

demontabil. Această soluție este utilizabilă și pentru unele motoare cu aprindere prin scînteie, mici (de exemplu, motoare de motocicletă), cînd, de regulă, montajul pe fusul-maneton se realizează prin rulmenți.

La **b.** secundare, capul nu se secționează niciodată (v. fig. B.31). Pentru asamblarea **b.** secundare, la capul **b.** principale se practică construcția în formă de furcă, fie a ochiului capului **b.** principale, fie a capului **b.** secundare; în ambele cazuri, este necesar un ax (bolț) de legătură. La ambielajul în furcă (folosit tot la motoarele în „V"), **b.** interioară are capul de construcție obișnuită, iar **b.** exterioară, în formă de furcă (fig. B.34). Soluția cu ambielaj în furcă are o răspîndire limitată.

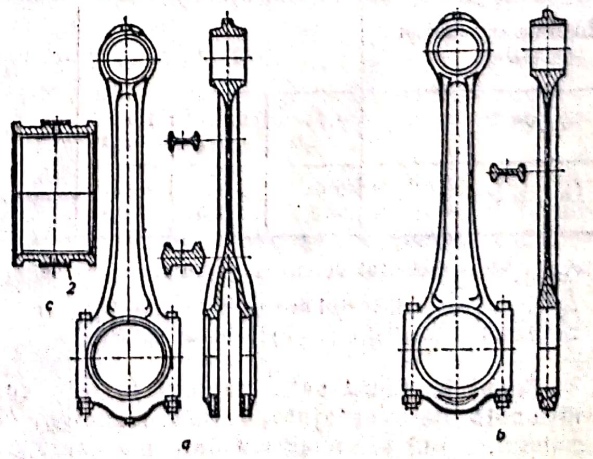


Fig. B.34. Ambielaj în furcă pentru un motor în „V".

Suprafaţa de lucru a capului **b.** este prevăzută cu material antifricţiune sau, cel mai des, cu cuzineţi semicilindrici. La ambielajul în furcă, ambele biele lucrează asupra aceluiaşi cuzinet. Dimensiunile principale ale capului **b.** (diametrul interior şi lăţimea) sînt determinate de dimensiunile fusului-maneton.

Capul **b.** este solicitat de forţa de presiune a gazelor (componenta rezultată prin descompunerea forţei care acţionează în lungul axului **b.**) şi de forţele de inerţie, corespunzătoare maselor în mişcare de translaţie şi a masei **b.** care execută o mişcare de rotaţie. Componenta normală la fusul-maneton aplică cuzinetul pe fus, ceea ce implică verificarea presiunii specifice (valori admisibile: pentru motoare de tracţiune 94—145 daN/cm^2; pentru motoare stabile şi navale lente 80—120 daN/cm^2, iar pentru navale rapide, 180—250 daN/cm^2). La motoarele cu ambielaj articulat sau în furcă, verificarea capului **b.** principale trebuie să ţină seama de acţiunea tuturor **b.** secundare, care operează asupra aceluiaşi fus-maneton. Forţele de inerţie solicită capul **b.** la întindere, ciclul de încărcare fiind pulsator. În aceste condiţii, capacul **b.** se verifică la eforturile unitare de întindere maxime σ_{adm}=1 000—3 000 daN/cm^2. Deformaţia maximă a capului **b.** nu trebuie să depăşească jumătate din jocul de montaj.

Şuruburile de **b.** servesc la prinderea capacului de partea superioară a capului **b.** Şuruburile pot fi: cu piuliţă, fără piuliţă sau prizoniere, prelucrate dintr-o bucată cu partea superioară a capului. La şuruburile cu piuliţă, protecţia împotriva desfacerii acesteia se realizează cu siguranţe speciale sau cu contrapiuliţă. Şuruburile de **b.** au formă specială (fig. B.35); capul este prevăzut cu un umăr care intră într-un prag din capul **b.**, pentru a împiedica rotirea la montaj, iar corpul şurubului se prevede cu un prag care permite centrarea capacului. Strîngerea şuruburilor la montaj se face cu cheia dinamometrică, după prescripţiile uzinei constructoare. Ca material pentru şuruburile de **b.** se utilizează, în marea majoritate a cazurilor, oţel de îmbunătăţire aliat cu crom, mangan, molibden, nichel etc., mărcile 45 C 10, 41 CN 12, 34 Mo CN 15.

Şuruburile de **b.** sînt solicitate la întindere de către forţa de inerţie corespunzătoare maselor în translaţie şi părţii din masa **b.** care participă la mişcarea de rotaţie. Înversarea sensului sarcinii în timpul ciclului motor face ca şurubul să fie solicitat la oboseală. Şuruburile de **b.** preiau şi şocurile care se produc în apropierea punctelor moarte. Şuruburile de **b.** se dimensionează la întindere şi se verifică la oboseală.

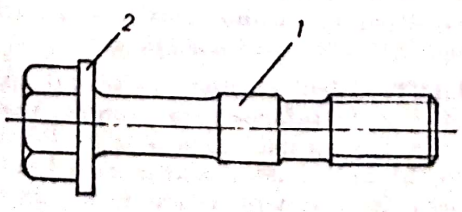


Fig. B.35. Şurub de bielă:
1 — prag de centrare; 2 — umăr care împiedică rotirea la montaj.

BIFAZIC (Sistem). Amestec neomogen alcătuit din două faze ale aceluiaş element sau a două elemente diferite (solidă, lichidă sau gazoasă). Ca exemplu de **s.b.** se menţionează: combustibilii solizi sau lichizi dispersaţi sau pulverizaţi în aerul de ardere, amestecul de vapori şi lichid la saturaţie din sistemele cu sau fără fierbere, transportul hidraulic al particulelor solide, gazele de ardere cu conţinut de cenuşă, rezultate din arderea combustibililor solizi sau lichizi etc. Proprietăţile **s.b.** diferă de cele ale sistemelor omogene datorită densităţilor diferite ale celor două faze, vitezelor de curgere diferite, pierderilor de presiune mai mari etc.

O curgere bifazică reprezintă un proces de deplasare simultană a unui amestec eterogen printr-un canal.

În aplicaţiile termotehnice, prezintă importanţă curgerea bifazică vapori-lichid, în condiţii izotermice (t_p=t_s=t_b) sau de fierbere (t_p>t_s≈t_l) (t_p, t_s, t_l reprezintă, respectiv, temperatura peretelui, temperatura de saturaţie, temperatura lichidului). În cazul curgerii bifazice izoterme, titlul amestecului x este constant în lungul canalului, iar în cazul curgerii bifazice cu fierbere, titlul creşte în lungul canalului, datorită formării continue de vapori. Într-un canal vertical, curgerea bifazică se desfăşoară în cîteva moduri, arătate în fig. B.36. Curgerea cu bule (fig. B.36 a) reprezintă cazul în care bule individuale de vapori se mişcă ascendent, independent prin canal. Curgerea cu dopuri (fig. B.36 b) este cazul în care bulele fuzionează, formînd dopuri de vapori, care ocupă cea mai mare parte din secţiunea de curgere. În curgerea inelară (fig. B.36 c), vaporii formează o fază continuă care transportă ascendent în partea centrală a tubului picături de lichid dispersate, menţinînd un strat tubular de lichid supraîncălzit adiacent peretelui. Curgerea în stare de aerosoli (fig. B.36 d),

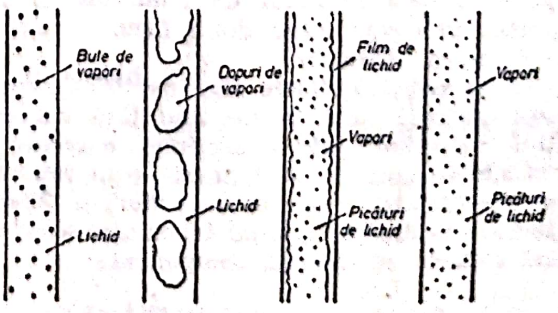


Fig. B.36. Tipuri de curgere bifazică.

denumită și curgerea dispersă sau omogenă, este opusă primului tip, picăturile de lichid fiind dispersate în vaporii care umplu întreaga secțiune de curgere.

Într-un **s.b.** fără curgere, titlul se definește prin raportul dintre x (masa vaporilor în amestec) și masa totală a amestecului, iar coeficientul de porozitate (de goluri) β, prin raportul dintre volumul vaporilor în amestec și volumul total al amestecului. Legătura dintre x și β se deduce, considerînd un amestec cu masa de 1 kg și cu volumul total $(1-x)v_l + xv_v$, unde v_l este volumul specific al lichidului la saturație [m³/kg], iar v_v — volumul specific al vaporilor saturați [m³/kg]. Astfel:

$$\beta = \frac{xv_v}{(1-x)v_l + xv_v} = \frac{1}{1+\left(\frac{1-x}{x}\right)\left(\frac{v_l}{v_v}\right)}.$$

Din cauza diferenței mari dintre volumele specifice ale celor două faze rezultă că, la valori mici ale titlului și presiuni mici sau medii, corespund valori importante pentru β. După cum se vede din fig. B.37, $x \to \beta$ pentru presiuni care tind către presiunea critică.

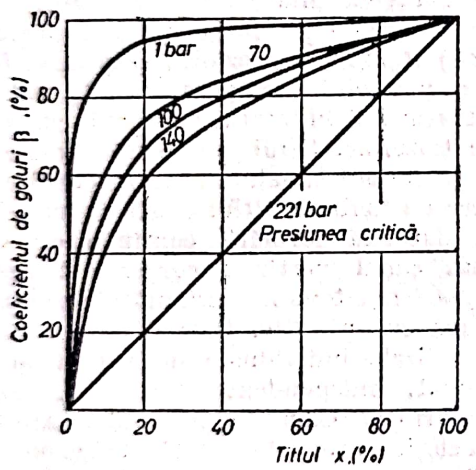


Fig. B.37. Diagrama de variație a coeficientului de goluri β în raport cu titlul și presiunea.

În **s.b.** la care fazele sînt în mișcare atît față de pereții sistemului, cît și una față de cealaltă, datorită diferenței de densitate dintre acestea, există între faze o mișcare relativă, exprimată prin raportul de alunecare S sau raportul vitezelor celor două faze, vapori și lichid, adică: $S = w_v/w_l$.

Viteza relativă dintre faze modifică dependența dintre β și x la sistemul fără curgere. Titlul vaporilor într-o secțiune oarecare a unui **s.b.** în curgere se definește prin raportul dintre x (debitul masic al vaporilor) și debitul masic al amestecului, parametri cu care se calculează vitezele celor două componente:

$$w_v = \frac{v_v \cdot \dot{m} \cdot x}{A_v}; \quad w_l = \frac{v_l \cdot \dot{m}(1-x)}{A_l},$$

unde $\dot{m}$ este debitul de vapori [kg/s], iar A_v, A_l reprezintă secțiunea transversală de curgere ocupată de vapori, respectiv de lichid.

Raportul de alunecare S are expresia:

$$S = \frac{w_v}{w_l} = \frac{x}{1-x} \cdot \frac{A_l}{A_v} : \frac{v_v}{v_l} = \frac{x}{1-x} \cdot \frac{1-\beta}{\beta} \cdot \frac{v_v}{v_l};$$

rezultă:

$$\beta = \frac{1}{1+\left(\frac{1-x}{x}\right)\left(\frac{v_l}{v_v}\right)S}.$$

Relația arată efectul alunecării între faze: odată cu creșterea lui S, se reduce valoarea lui β, corespunzătoare unui anumit titlu x, sub aceea care există în absența alunecării ($S=1$), lucru arătat în fig. B.38.

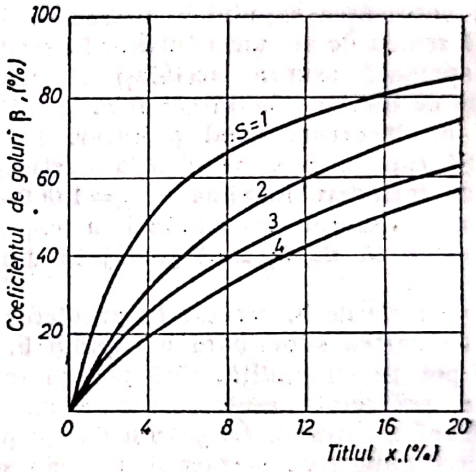


Fig. B.38. Diagrama de variație a coeficientului de goluri în raport cu titlul și cu raportul de alunecare.

Pierderile de presiune în curgerea bifazică sînt mai mari decît în curgerea monofazică cu debit masic egal, datorită frecărilor mai intense, produse de vitezele mai mari ale fazelor. Astfel, căderea de presiune liniară bifazică (vapori-lichid) se determină, în mod curent, înmulțind căderea de presiune monofazică (lichid), calculată cu relația Darcy-Weisbach, cu un factor de multiplicare R, stabilit experimental (v. Bernoulli-teorema).

Proprietățile **s.b.** vapori-lichid determină calculul și funcționarea corectă a instalațiilor de fierbere cu circulație naturală sau forțată din generatoarele cu abur clasice sau nucleare, din vaporizatoarele industriale etc.

BILANȚ. Calcul efectuat în scopul analizei proceselor de transformare a energiei, materiei etc., la un moment dat sau pe o perioadă impusă de timp, în cadrul unui contur ce delimitează un proces de producție sau o instalație.

În studiile, proiectele și calculele termotehnice se utilizează cu precădere **b.** termic (caloric), **b.** energetic și **b.** masic.

Scanned with OKEN Scanner

B. termic reprezintă calculul schimburilor de căldură cu exteriorul al unei mașini termice, al unui grup de mașini sau al unei instalații, în scopul evaluării și aprecierii eficienței termodinamice a mașinilor sau sistemului respectiv.

B. energetic are drept scop determinarea schimburilor de energie din cuprinsul conturului procesului analizat și evidențierea componentelor utile și a pierderilor, constituind astfel un instrument de apreciere a eficienței energetice a acelui proces.

B. energetic se poate întocmi sub formă cantitativă sau calitativă. El se poate întocmi pentru un agregat, o instalație, o secție, un proces tehnologic, o întreprindere, o platformă industrială, un sistem energetic, o economie națională etc., în funcție de mărimea conturului de **b.** ales.

B. energetice constituie baza reală de identificare a posibilităților de micșorare a pierderilor și, implicit, de raționalizare și economisire a energiei de toate formele. Din analiza **b.** energetic rezultă măsurile tehnico-organizatorice ce trebuie luate în scopul optimizării energetice a procesului tehnologic. **B.** energetice servesc la: proiectarea obiectivelor noi sau reconstruirea celor existente; omologarea și recepția instalațiilor, în vederea stabilirii indicatorilor de consum energetic, precum și pentru compararea valorilor obținute cu cele de proiect; urmărirea periodică a modului de funcționare, a consumurilor și randamentelor energetice ale instalațiilor, în scopul determinării măsurilor tehnico-organizatorice necesare pentru optimizarea, din punct de vedere energetic, a procesului analizat.

Din punct de vedere al conținutului, metodei și momentului elaborării **b.**, apar două categorii importante de **b.** energetice: **b.** de proiect, elaborat în etapa de proiectare a instalațiilor noi sau de reconstruire și **b.** de instalații existente, care se poate referi la situația existentă la un moment dat, oglindind starea tehnică reală a instalațiilor, fiind denumit **b.** real. Dacă **b.** se referă la etapele de îmbunătățire ale folosirii energiei în instalațiile respective, obținute prin aplicarea unor măsuri tehnico-organizatorice, se numesc **b.** normate. Dacă se referă la situația în care toate pierderile sînt reduse la minimum, se numesc **b.** optime.

După numărul formelor sau purtătorilor de energie, se deosebesc: **b.** energetice simple, cînd se ia în considerare la intrarea în conturul de **b.** o singură formă sau purtător de energie (de exemplu, electrică) și **b.** energetice complexe, cînd se iau în considerare două sau mai multe forme sau purtători de energie. **B.** energetic complex, la care se ține seama de toate formele și purtătorii de energie intrați în contur, este denumit **b.** energetic total, iar cel la care, la intrare, se iau în considerare numai combustibilii și energia termică cu toți purtătorii ei (gaze arse, apă caldă, apă fierbinte, abur etc.,), se numește **b.** termoenergetic sau termic. În unele cazuri, termenul are un înțeles mai restrins, referindu-se doar la **b.** căldurii sub formă de apă caldă, apă fierbinte și abur.

Ecuația generală a unui **b.** *energetic cantitativ* corespunde principiului conservării energiei: $\Sigma W_i + \Sigma W_g = \Sigma W_u + \Sigma W_p$ unde: ΣW_i este suma energiilor de toate formele intrate în conturul de **b.** din exterior; ΣW_g — suma energiilor din interiorul conturului generate de reacții chimice exoterme, cu excepția celei de ardere a combustibilului care se introduce în ΣW_i; ΣW_u — suma energiilor folosite în mod util pentru realizarea procesului tehnologic în interiorul conturului, la care se adaugă și energiile resurselor secundare care se utilizează din exteriorul conturului; ΣW_p — suma energiilor pierdute sub orice formă. Exprimarea analitică este însoțită de o reprezentare grafică care are avantajul de a prezenta sugestiv diferitele componente ale **b.** În fig. B.39 și B.40 sînt date cele mai obișnuite moduri de reprezentare grafică ale unui **b.** energetic: diagrama Grassman, respectiv diagrama Sankey. Ele se referă la **b.** termoenergetic real al unui cazan de abur, alimentat cu combustibil

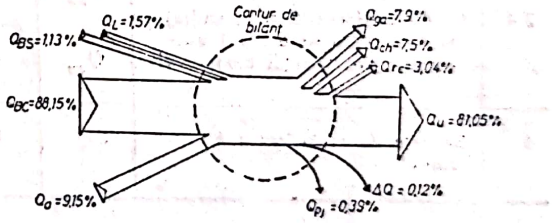


Fig. B.39. Diagramă tip Grassman pentru bilanț energetic.

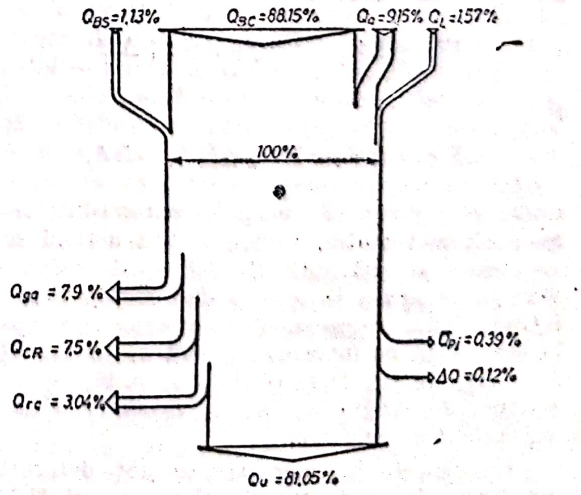


Fig. B.40. Diagramă tip Sankey pentru bilanț energetic.

gazos și folosit pentru încălzirea centrală. În tabelul B.4 sînt date componentele relative ale acestui **b.**

Tabelul B.4

Componentele de calcul ale unui bilanț termoenergetic pentru un cazan de încălzire centrală

Nr. crt.	Denumire	Simbol	Valoare relativă %
1	*Călduri intrare*	Q_i	100
1.1	Căldura chimică a combustibilului	Q_{BC}	88,15
1.2	Căldura sensibilă a combustibilului	Q_{BS}	1,13
1.3	Căldura sensibilă a apei de alimentare	Q_a	9,15
1.4	Căldura sensibilă a aerului de ardere	Q_L	1,57
2	*Călduri utile*		
2.1	Căldura aburului produs	Q_u	81,05
3	*Călduri pierdute*	Q_p	18,83
3.1	Căldura fizică a gazelor de ardere	Q_{ga}	7,90
3.2	Căldura chimică a gazelor de ardere	Q_{ch}	7,50
3.3	Căldura pierdută prin apa de purjare	Q_{pj}	0,39
3.4	Căldura pierdută prin radiație și convecție în mediul ambiant, prin pereții cazanului	Q_{rc}	3,04
4	*Eroarea de închidere a bilanțului*	ΔQ	0,12

B. energetic calitativ ține seama de degradarea energiei în transformările ireversibile. *Ecuațiile* sale sînt de forma:

$$\Sigma E_i + \Sigma E_g = \Sigma E_u + \Sigma E_p + \Delta E$$

și

$$\Sigma A_i + \Sigma A_g = \Sigma A_u + \Sigma A_p - \Delta A,$$

unde: E reprezintă energiile sistemului; A — anergiile sistemului, indicii avînd același sens ca aceia ai mărimii E; ΔE — deficitul de exergie ce apare la ieșirea din contur față de intrare; ΔA — excedentul de anergie care apare la ieșire față de intrarea în contur, cu condiția $\Delta E = \Delta A$. În fig. B.41 și B.42 se redă, pe două sisteme de diagrame, un **b.** calitativ al unei centrale termoelectrice.

Elementele **b.** energetic se pot determina pe bază de: măsurători, elemente statistice rezultate din măsurări de exploatare curentă din perioadele precedente elaborării **b.**, calcule teoretice, date de literatura de specialitate, sau combinări ale posibilităților expuse mai sus. În urma efectuării **b.**, se pot determina mai mulți indicatori de eficiență ai instalației, sistemului, întreprinderii, platformei industriale, ramurii economiei naționale etc. la care se referă **b.** Dintre aceștia cei mai importanți sînt: randamentul energetic brut, randamentul

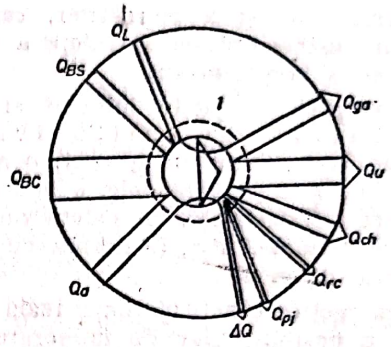


Fig. B.41. Reprezentarea în diagrama Grossman a unui bilanț termoenergetic pentru un cazan de încălzire centrală:
1 — conturul de bilanț (restul notațiilor corespund cu tabelul B.4).

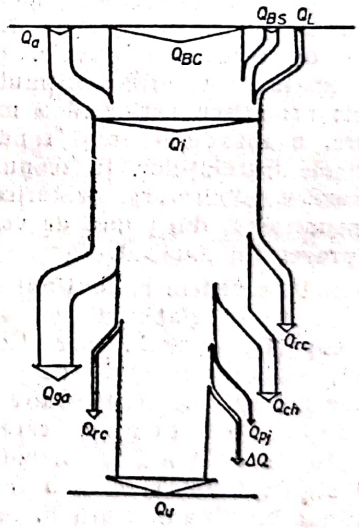


Fig. B.42. Reprezentarea în diagrama Sankey a unui bilanț termoenergetic pentru un cazan de încălzire centrală (notațiile corespund cu tabelul B.4).

energetic net, consumul specific brut și net de energie de o anumită formă, randamentul energetic global, consumul specific de energie etc. Pentru elaborarea **b.** energetic există o serie de îndrumare și normative explicative.

B. masic indică cantitativ ecuația de conservare masică a materialelor și agenților care intervin în cadrul unui proces: $\Sigma M_i = \Sigma M_e$ unde: ΣM_i este suma maselor elementelor intrate în proces, iar ΣM_e — suma maselor

gazos și folosit pentru încălzirea centrală. În tabelul B.4 sînt date componentele relative ale acestui **b.**

Tabelul B.4

Componentele de calcul ale unui bilanț termoenergetic pentru un cazan de încălzire centrală

Nr. crt.	Denumire	Simbol	Valoare relativă %
1	*Călduri intrare*	Q_i	100
1.1	Căldura chimică a combustibilului	Q_{BC}	88,15
1.2	Căldura sensibilă a combustibilului	Q_{BS}	1,13
1.3	Căldura sensibilă a apei de alimentare	Q_a	9,15
1.4	Căldura sensibilă a aerului de ardere	Q_L	1,57
2	*Călduri utile*		
2.1	Căldura aburului produs	Q_u	81,05
3	*Călduri pierdute*	Q_p	18,83
3.1	Căldura fizică a gazelor de ardere	Q_{ga}	7,90
3.2	Căldura chimică a gazelor de ardere	Q_{ch}	7,50
3.3	Căldura pierdută prin apa de purjare	Q_{pj}	0,39
3.4	Căldura pierdută prin radiație și convecție în mediul ambiant, prin pereții cazanului	Q_{rc}	3,04
4	*Eroarea de închidere a bilanțului*	ΔQ	0,12

B. energetic calitativ ține seama de degradarea energiei în transformările ireversibile. *Ecuațiile* sale sînt de forma:

$$\Sigma E_i + \Sigma E_g = \Sigma E_u + \Sigma E_p + \Delta E$$

și

$$\Sigma A_i + \Sigma A_g = \Sigma A_u + \Sigma A_p - \Delta A,$$

unde: E reprezintă energiile sistemului; A — anergiile sistemului, indicii avînd același sens ca aceia ai mărimii E; ΔE — deficitul de exergie ce apare la ieșirea din contur față de intrare; ΔA — excedentul de anergie care apare la ieșire față de intrarea în contur, cu condiția $\Delta E = \Delta A$. În fig. B.41 și B.42 se redă, pe două sisteme de diagrame, un **b.** calitativ al unei centrale termoelectrice.

Elementele **b.** energetic se pot determina pe bază de: măsurători, elemente statistice rezultate din măsurări de exploatare curentă din perioadele precedente elaborării **b.**, calcule teoretice, date de literatura de specialitate, sau combinări ale posibilităților expuse mai sus. În urma efectuării **b.**, se pot determina mai mulți indicatori de eficiență ai instalației, sistemului, întreprinderii, platformei industriale, ramurii economiei naționale etc. la care se referă **b.** Dintre aceștia cei mai importanți sînt: randamentul energetic brut, randamentul

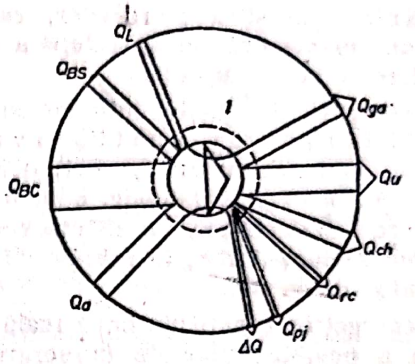


Fig. B.41. Reprezentarea în diagrama Grossman a unui bilanț termoenergetic pentru un cazan de încălzire centrală:
1 — conturul de bilanț (restul notațiilor corespund cu tabelul B.4).

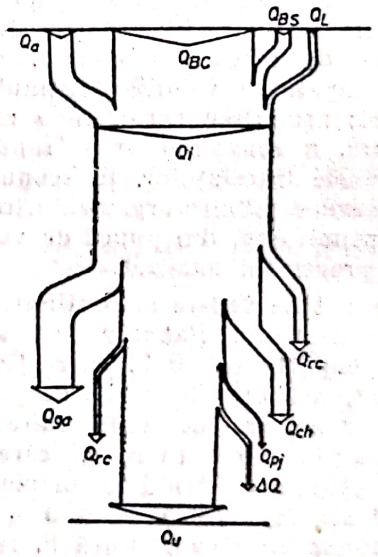


Fig. B.42. Reprezentarea în diagrama Sankey a unui bilanț termoenergetic pentru un cazan de încălzire centrală (notațiile corespund cu tabelul B.4).

energetic net, consumul specific brut și net de energie de o anumită formă, randamentul energetic global, consumul specific de energie etc. Pentru elaborarea **b.** energetic există o serie de îndrumare și normative explicative.

B. masic indică cantitativ ecuația de conservare masică a materialelor și agenților care intervin în cadrul unui proces: $\Sigma M_i = \Sigma M_e$ unde: ΣM_i este suma maselor elementelor intrate în proces, iar ΣM_e — suma maselor

Scanned with OKEN Scanner

elementelor ieşite din acelaşi proces. Ea se mai poate scrie şi sub forma:

$$\Sigma M_e = \Sigma M_u + \Sigma \Delta M,$$

unde ΣM_u este suma maselor elementelor utile rezultate, iar $\Sigma \Delta M$ — masa elementelor pierdute în cadrul procesului.

BIMETAL. Organ sesizor termosensibil, constituent al releelor sau instrumentelor de măsură termice. Este constituit din două benzi de metale sau aliaje cu proprietăţi de dilatare mult diferite. În acest fel, **b.** se încovoaie la variaţii de temperatură, închizînd sau deschizînd anumite circuite electrice sau indicînd, prin mărimea săgeţii, valoarea temperaturii. Cele două benzi metalice sînt solidarizate prin sudură sau laminare şi au grosimi de valori apropiate. Săgeata realizată de un **b.** este invers proporţională cu grosimea benzii şi direct proporţională cu pătratul lungimii sale. Se pot întîlni nu numai benzi drepte, ci şi benzi încovoiate, elicoidale etc., în funcţie de scopul urmărit. Cele mai utilizate materiale folosite la confecţionarea unui **b.** sînt: oţel+ +cupru; invar+tombac; invar+aliaj de metal cu cupru. Săgeata realizată de **b.**, în funcţie de temperatură şi de grosimea plăcilor, este indicată în fig. B.43.

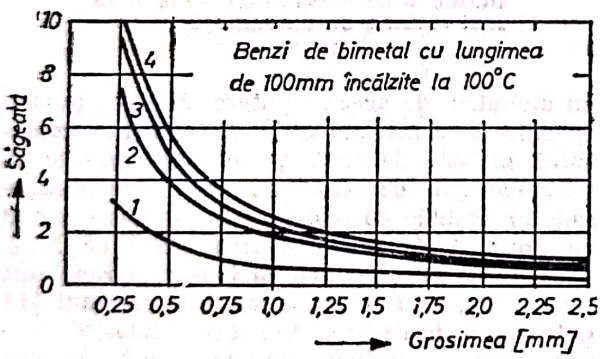


Fig. B.43. Săgeata unor benzi de bimetal cu lungimea de 100 mm, încălzite la 100°C, în funcţie de grosimea benzii:
1 — oţel de fuziune şi tombac; *2* — invar şi aliaj de 25% Cu+75% Ni; 3 — invar şi aliaj de 25%Ni+75%Fe; *4* — invar şi tombac.

Aplicaţiile uzuale ale **b.** sînt: releele termice ale aparatelor de control (ex. termostatele), instrumentele de măsură a temperaturii, disjunctoarele etc. Unul din exemplele de aplicare îl constituie termometrul bimetalic (fig. B.44). La acesta, dilatarea **b.** rulat în spirală provoacă o deplasare a extremităţii libere, care după o amplificare mecanică este trimisă unui ac ce se deplasează în faţa unui cadran gradat; gradarea este practic lineară. Acest tip de termometru este robust şi are o precizie de ±2% din valoarea maximă a scării.

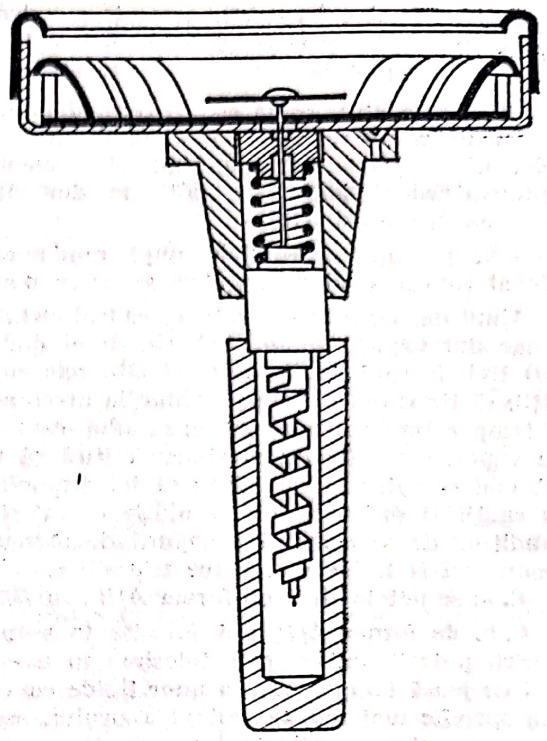


Fig. B.44. Termometru bimetalic.

BINAR (Amestec). Amestec constituit din două substanţe. Amestecurile binare pot fi **eterogene** sau **omogene.**

Mai importante sînt **a. b. omogene,** care se prezintă, în general, sub formă de soluţii, amestecuri azeotrope şi amestecuri eutectice.

S o l u ţ i i l e sînt sisteme formate dintr-o singură fază. Se deosebesc: soluţii lichide şi soluţii solide. Soluţiile lichide sînt lichide omogene constituite din amestecul a două substanţe dispersate la nivelul molecular, una dintre ele — *solventul* sau *dizolvantul* — găsindu-se în exces faţă de cealaltă. Solventul este în stare lichidă, iar celălalt component — *dizolvatul* — poate fi gazos, lichid sau solid. Soluţiile solide sînt solide omogene, formate din două substanţe a căror proporţie poate varia fără a afecta omogenitatea fazei solide. Ca exemple de asemenea sisteme se pot da amestecurile izomorfe şi unele aliaje.

A m e s t e c u r i l e a z e o t r o p e sînt constituite din două substanţe lichide miscibile care distilă la temperatură constantă pentru o presiune dată, avînd aceeaşi compoziţie în stare lichidă şi de vapori.

A m e s t e c u r i l e e u t e c t i c e sînt constituite din două substanţe care, la o anumită temperatură şi presiune, se comportă ca un compus unitar, avînd puncte de topire şi de solidificare bine determinate. Concentraţia componentelor în faza lichidă şi faza solidă este identică, deşi nu corespunde legii proporţiilor

Scanned with OKEN Scanner

definite. Amestecul eutectic are cele mai joase puncte de topire și de solidificare dintre toate amestecurile posibile ale celor două substanțe.

BINAR (Ciclu). Două cicluri termodinamice interdependente realizate cu două fluide diferite, unul dintre fluide lucrînd în domeniul temperaturilor înalte, celălalt în domeniul temperaturilor coborîte.

C.b. prezintă avantajele unui randament global ridicat și al unei puteri specifice mari.

Unul din fluidele utilizate în cadrul ciclului binar sînt vaporii de apă (*A*). Cel de al doilea (*B*) trebuie să îndeplinească următoarele condiții: să fie stabil chimic și termic la presiunea și temperatura de funcționare; să aibă căldură de vaporizare ridicată; presiunea critică să fie cît mai scăzută; să fie ieftin; să fie disponibil în cantități suficiente etc. Fluidele ce satisfac condițiile de mai sus sînt vaporii de mercur, amoniacul și fluidele organice frigorifice.

C. b. se pot întîlni sub forma *A*/*B* sau *B*/*A*.

C. b. de forma *A*/*B* sînt folosite în scopul măririi puterii unitare prin folosirea în domeniul de joasă temperatură a unor fluide cu volum specific mai redus decît al aburului, ceea ce reduce dimensiunile turbinei de joasă presiune. În fig. B.45 este prezentată schema unui ciclu vapori de apă—amoniac de tip *A*/*B*, iar în fig. B.46 reprezentarea lui în diagrama *T*-*s*. Explicația folosirii amoniacului în partea de joasă presiune constă în volumul său specific mai mic de 100—600 ori decît al aburului la

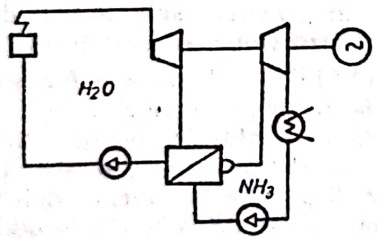


Fig. B.45. Schema simplificată a unui ciclu vapori de apă—amoniac, de tip *A*/*B*.

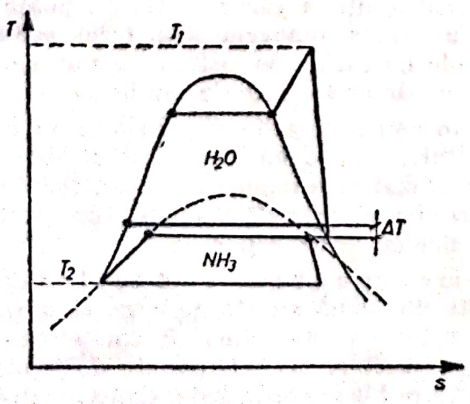


Fig. B.46. Reprezentarea ciclului vapori de apă — amoniac, de tip *A*/*B*, în diagrama *T*—*s*.

aceeași presiune (fig. B.47), ceea ce face ca secțiunea de ieșire a turbinei (ca și întreaga turbină) să fie mult mai mică. Orientativ, în fig. B.48 se face o comparație între dimensiunile unei turbine cu abur și ale unei turbine

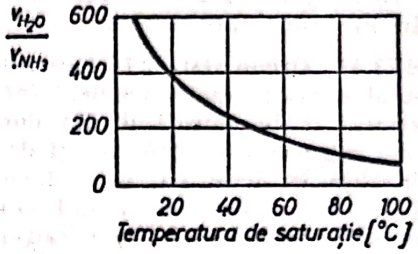


Fig. B.47. Variația raportului volumelor specifice ale aburului și amoniacului în funcție de temperatura de saturație.

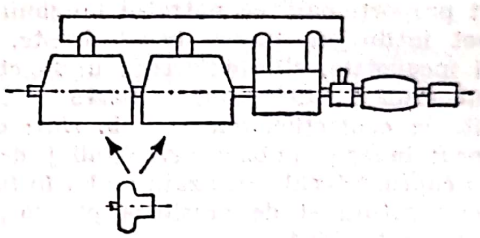


Fig. B.48. Comparație între dimensiunile unei turbine cu abur și ale unei turbine cu amoniac de aceeași putere.

cu amoniac de aceeași putere. Mărirea puterii specifice este însoțită de micșorarea randamentului global, datorită pierderilor apărute la schimbătorul de căldură, care îndeplinește funcția dublă de condensator pentru ciclul cu abur și de cazan pentru ciclul cu NH_3. Alte fluide propuse pentru joasa presiune sînt freonul 21, freonul 12, freonul 11, freonul 114 și bioxidul de carbon. Avantajele folosirii freonului ca fluid de lucru într-un ciclu binar sînt: volum specific mic, ceea ce face ca dimensiunile constructive ale unei turbine cu freon să fie cca 1/6 din cele ale unei turbine cu abur; evitarea erodării paletelor de la ultimele trepte de către picături; utilizarea unui condensator atmosferic; putere de pompare mai mică.

C. b. de forma *B*/*A* sînt folosite în scopul măririi randamentului global al instalației.

Primul fluid folosit a fost mercurul, construcțiile experimentale datînd din anul 1924, concretizate în instalații de 10 și 20 MW. În fig. B.49 este prezentată schema unui ciclu *B*/*A*, iar în fig. B.50 ciclul este reprezentat în diagrama *T*-*s*. Mercurul lucrează în domeniul de temperaturi ridicate care corespund unor presiuni de saturație relativ scăzute (0,1 bar la 523,6 K; 1 bar la 620 K; 10 bar la 789 K etc.). Randamentul global al ciclului

Scanned with OKEN Scanner

se apropie mult de cel al ciclului Carnot, care lucrează între aceleaşi temperaturi. Soluţia prezintă dezavantaje, datorită dificultăţilor de exploatare şi, mai ales, toxicităţii vaporilor de mercur. Alte fluide studiate pentru cicluri de

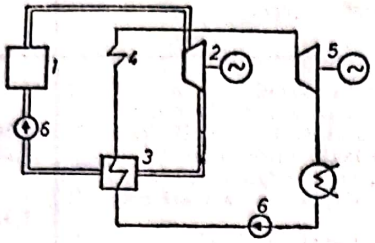


Fig. B.49. Schema simplificată a unei centrale cu ciclu binar mercur apă—abur, de tip B/A:

1 — cazan cu vapori de mercur; *2* — turbină cu vapori de mercur; *3* — schimbător de căldură cu dublu rol (condensator al vaporilor de mercur şi vaporizator al apei); *4* — supraîncălzitor de abur; *5* — turbină cu abur; *6* — pompă.

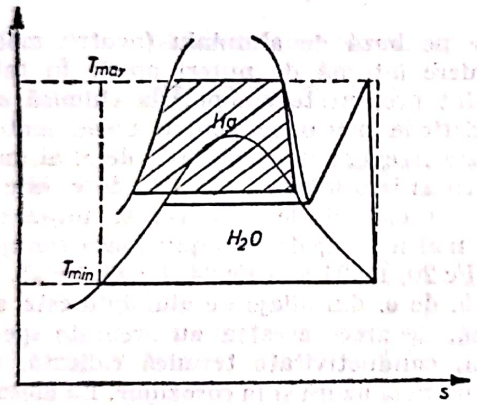


Fig. B.50. Reprezentarea ciclului binar mercur/apă—abur în diagrama *T—s*.

tip *B/A* sînt difenilul (C_5H_6), clorura de zinc şi amoniu $Zn(NH_3)_2Cl$ etc., realizate pînă în prezent numai în instalaţii de laborator. Se mai pot folosi şi cicluri binare obţinute prin combinarea unei turbine cu abur cu o turbină cu gaze, în circuit închis sau deschis. Astfel de cicluri nu se numesc binare, ci poartă denumirea de *cicluri mixte abur-gaze.*

BIOT, Jean Baptiste. Fizician francez (1774—1862). A studiat experimental propagarea căldurii prin conducţie în bare metalice. Prin studiile sale, a fost precursorul lui Fourier în ceea ce priveşte stabilirea legăturii între fluxul de căldură şi gradientul de temperatură.

BLACK, Joseph. Fizician şi chimist scoţian (1728—1799). A precizat noţiunea de capacitate calorifică (1760) şi a dat o metodă precisă pentru determinarea acesteia. A introdus, de asemenea, noţiunea de căldură latentă şi a pus bazele calorimetriei. A explicat funcţionarea condensatorului.

BLOC DE CILINDRI. Organ fix al maşinilor termice cu piston, care conţine cilindrii (demontabili sau nedemontabili) şi care se asamblează cu chiulasa şi cu carterul (fig. B.51).

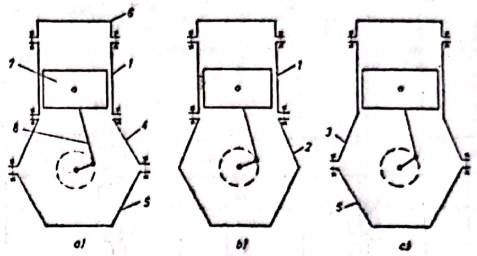


Fig. B.51. Soluţii constructive de asamblare a blocului de cilindrii cu carterul şi chiulasa:

1 — bloc de cilindri; *2* — carter; *3* — bloc motor; *4* — carter superior; *5* — carter inferior; *6* — chiulasă; *7* — piston; *8* — mecanism bielă-manivelă.

B. de c. împreună cu carterul constituie elementele structurale de bază ale carcasei oricăre maşini termice. Realizarea carcasei maşinilor termice cu **b. de c.** introduce, faţă de construcţiile cu cilindri independenţi, o serie de avantaje: reducerea lungimii maşinii, reducerea greutăţii, precum şi creşterea sensibilă a rigidităţii construcţiei.

În general, **b. de c.** (fig. B.52) este compus dintr-o placă superioară pe care se aşază chiulasa şi o placă inferioară, prin intermediul căreia **b. de c.** se aşază pe carter. Aceste plăci sînt legate prin intermediul unor pereţi exteriori, longitudinali şi transversali în care sînt practicate spaţiile necesare vehiculării fluidului de răcire. **B. cu c. nedemontabili** are o construcţie mai complicată, care conduce la apariţia tensiunilor interne după turnare, datorită vitezelor diferite de răcire a pereţilor interiori şi exteriori. De asemenea, în timpul funcţionării apar tensiuni termice, datorită gradienţilor de temperatură axial şi radial. Gradientul de temperatură după direcţie radială atinge cca 18°C/cm la partea superioară a cilindrului şi cca 4°C/cm la partea inferioară, la motoare cu ardere internă cu alezaje peste 150—200 mm. Asemenea gradienţi conduc la tensiuni interne superioare valorii eforturilor provocate de solicitarea mecanică. La alezaje mici, datorită grosimii reduse a pereţilor, deformaţiile şi tensiunile termice sînt reduse. Din această cauză, se utilizează, în general, **b. cu c. nedemontabili.** La alezaje mai mari de 120—140 mm, se foloseşte blocul cu cămăşi de cilindru. Utilizarea cămăşilor de cilindru de tip uscat măreşte rigiditatea întregului **b. de c.**, factor care conduce la creşterea durabilităţii mecanismului motor (v. Cilindru).

Scanned with OKEN Scanner

Compactitatea **b. de c.** în plan longitudinal este determinată de distanța între cilindri, care depinde de prezența sau absența lagărului de sprijin dintre doi cilindri, lungimea fusului -maneton, tipul lagărului (cu alunecare sau cu rostogolire), tipul cămășii de cilindru (uscată

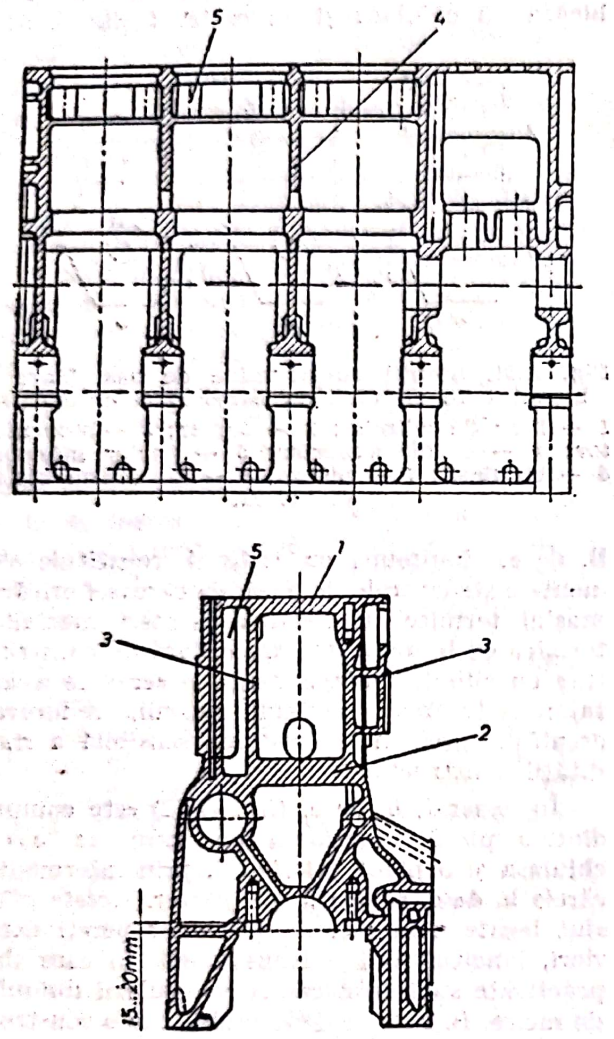


Fig. B.52. Bloc de cilindri pentru un motor cu ardere internă cu cilindrii dispuși în linie:

1 — placă superioară; *2* — placă intermediară de rigidizare; *3* — pereți longitudinali de rigidizare; *4* — pereți transversali de rigidizare; *5* — nervuri de rigidizare.

sau umedă) și mărimea spațiului de răcire. În tabelul B.5 este dată distanța dintre cilindri L_D (în funcție de alezajul cilindrului, D) pentru unele tipuri de motoare cu ardere internă.

B. de c. este supus la solicitări variabile, determinate de forțele de presiune, forțele de inerție și momentele lor, precum și la solicitări statice, care apar la montaj, prin strîngere și, în timpul funcționării, prin dilatare. Ca atare, **b. de c.** necesită condiții corespunzătoare de rigiditate și stabilitate dimensională.

Materialele din care se execută **b. de c.** sînt fonta de calitate sau ușor aliată și aliajele

Tabelul B.5

Distanța dintre cilindri pentru motoare cu ardere internă (valori statistice)

	TIPUL MOTORULUI	L_a
1.	Motor cu aprindere prin scînteie, cu cilindri în linie:	
	— fără lagăr între cililindri	$(1{,}20-1{,}24)D$
	— cu lagăr între cilindri	$(1{,}20-1{,}28)D$
2.	Idem, cu cilindrii în „V", cu biele alăturate pe același maneton	$(1{,}33-1{,}68)D$
3.	Motor diesel cu cilindrii în linie, cu cămăși de cilindru umede:	
	— motoare de automobile	$(1{,}23-1{,}32)D$
	— motoare de tractoare	$(1{,}40-1{,}55)D$
	— motoare de automobile cu arbore pe rulmenți	$(1{,}28-1{,}30)D$
	— motoare navale mari	$(1{,}60-1{,}8)D$
	— motoare de șalupă în patru timpi	$(1{,}17-1{,}20)D$
4.	Idem, cu cilindrii în „V", cu biele alăturate pe același maneton	$(1{,}47-1{,}55)D$

ușoare pe bază de aluminiu (pentru motoare cu ardere internă de puteri mici). În tabelul B.6 sînt prezentate compoziția chimică și caracteristicile mecanice pentru unele materiale utilizate frecvent la execuția **b. de c.** al motoarelor cu ardere internă. Cînd **b. de c.** este prevăzut cu cămăși de cilindru, se utilizează o fontă mai ieftină, de exemplu fonta cenușie de tipul Fc 20, Fc 21 sau Fc 24, Fc 25, Fc 28. Execuția **b. de c.** din aliaje de aluminiu este avantajoasă, deoarece acestea au greutate specifică redusă, conductivitate termică ridicată, rezistență mare la uzură și la coroziune. La motoarele cu ardere internă, utilizarea aliajelor de aluminiu conduce la reducerea greutății specifice de 2—4 ori. De asemenea, încărcarea termică ridicată a cilindrilor motoarelor cu aprindere prin scînteie (determinată de tendința generală de mărire a puterii litrice) poate fi atenuată mai ușor prin utilizarea aluminiului decît prin intensificarea răcirii cilindrilor din fontă. Favorizînd evacuarea căldurii, se obține o reducere a stării termice a cilindrilor, ceea ce permite, la aceste motoare, mărirea raportului de comprimare cu cca 10% și creșterea puterii cu 5—7%.

Dimensiunile principale ale **b. de c.** se determină pe baza datelor constructive. În tabelul B.7 sînt prezentate relațiile de dimensionare a **b. de c.** pentru motoare cu ardere internă. Datorită formei complicate a **b. de c.**, calculul de verificare cu metode clasice este dificil. Este recomandabilă, în acest sens, metoda elementului finit care face posibil calculul de verificare al **b. de c.** pe mașini numerice de calcul. În general, eforturile unitare în

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul B.6

Compoziția chimică și caracteristicile mecanice ale materialelor utilizate la confecționarea blocului de cilindri al motoarelor termice

		Fonte cenușii			Aliaje pe bază de aluminiu cu adaos de:	
		I	II	III	Si	6,50—7,50
Compoziția chimică [%]	C	3,00—3,50	3,20—3,50	3,00—3,30	Mg	0,20—0,50
	Si	2,20—2,50	1,90—2,20	1,90—2,20	Mn	0,20—0,60
	Mn	0,50—0,70	0,60—0,90	0,60—0,90	Ti	0,10—0,20
	P_{max}	0,20	0,25	0,25	Al	restul
	S_{min}	0,10	0,12	0,12	Fe	max. 0,50
	Cr	0,25—0,50	0,25—0,40	0,25—0,40	Zn	max. 0,30
	Cu	—	0,20—0,40	0,40—0,60	Cu	max. 0,20
	Mo	0,70—0,80	—	—	Ni	max. 0,05
	Ni	0,35—0,45	—	—	Pb	max. 0,05
					Sn	max. 0,05
Rezistența la tracțiune (daN/mm²)		28	28	32	20	
Duritatea Brinell (daN/mm²)		217—241	170—260	170—260	75	

Tabelul B.7

Dimensiunile blocului de cilindri pentru motoarele cu ardere internă (valori statistice)

Dimensiunea	Tipul motorului		Mărimea
Lățimea blocului	Motoare stabile și navale	în patru timpi	(1,5—2,0)D*
		în doi timpi	(2,0—2,2)D
	Motoare pentru alte utilizări		(1,7—2,3)D
Înălțimea blocului	Motoare stabile și navale în doi timpi	fără cap de cruce	(1,5—1,8)S**
		cu cap de cruce	(1,3—1,5)S
	Motoare în patru timpi		(1,6—2,0)S
Lungimea blocului	este dictată de distanța dintre cilindri L_d (v. Tab. B.5)		
Grosimea blocului	placa superioară și placa inferioară		(0,1—0,15)D
	pereți interiori și exteriori, longitudinali sau transversali		4—10 mm și mai mari
	spațiul de răcire		4—7 mm și mai mare
Distanța dintre legăturile de prindere	Motoare în patru timpi		(1,4—1,6)D
	Motoare în doi timpi		(1,5—1,8)D

* D — diametrul cilindrului
** S — cursa pistonului

Scanned with OKEN Scanner

b. de c., pentru blocuri realizate practic, se determină cu ajutorul traductorilor tensiometrici.

BOILER. Schimbător de căldură de suprafață, care lucrează prin acumulare, fiind folosit la prepararea apei calde pentru consum menajer sau tehnologic. Agentul încălzitor poate fi apa fierbinte sau aburul de joasă sau medie presiune. La capacități mici, b. pot fi încălzite electric. Se realizează sub forma unor rezervoare cilindrice, din tablă de oțel sudată, închise la capete prin funduri bombate, în care se află registre de încălzire. B. se construiesc, în general, în două soluții: cu ax orizontal și cu ax vertical.

B. orizontale se execută în două variante constructive:

— fără gît (BFG) pentru patru capacități 160, 250, 400 și 630 l cu caracteristicile din fig. B.53 și tabelul B.8.

— cu gît (BCG) pentru opt capacități 800, 1 000, 1 600, 2 000, 2 500, 3 150, 4 000 și 5 000 l, cu caracteristicile din fig. B.54 și tabelul B.9.

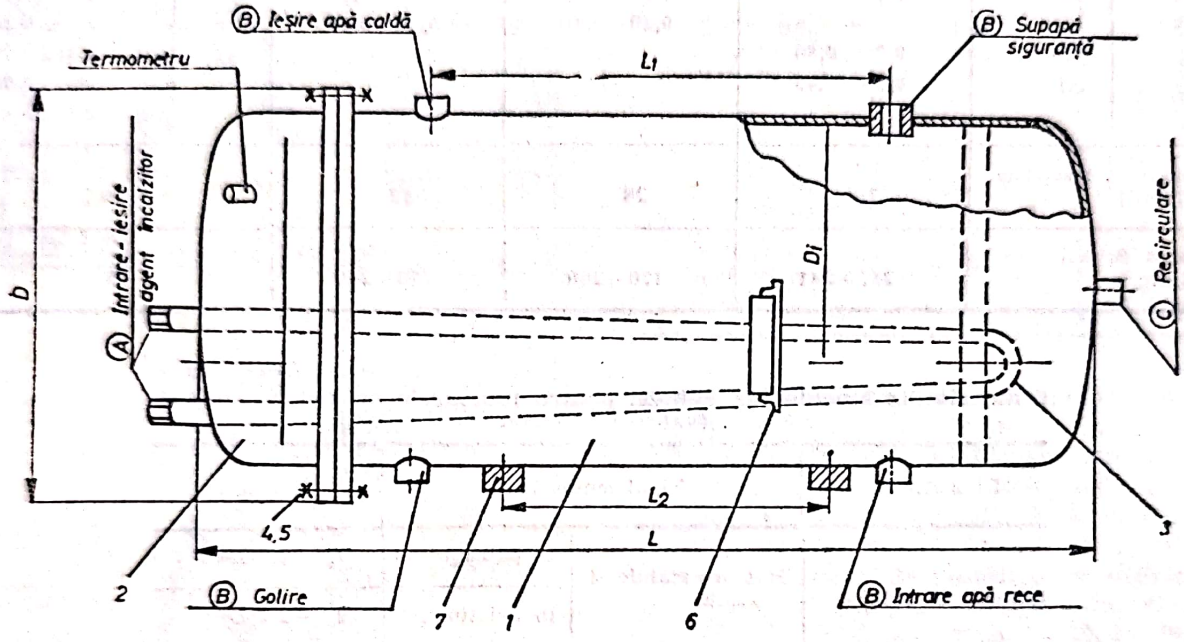


Fig. B.53. Boiler orizontal fără gît:
1 — corpul boilerului; *2* — capac; *3* — serpentină; *4, 5* — șuruburi, piulițe; *6* — distanțier; *7* — suport.

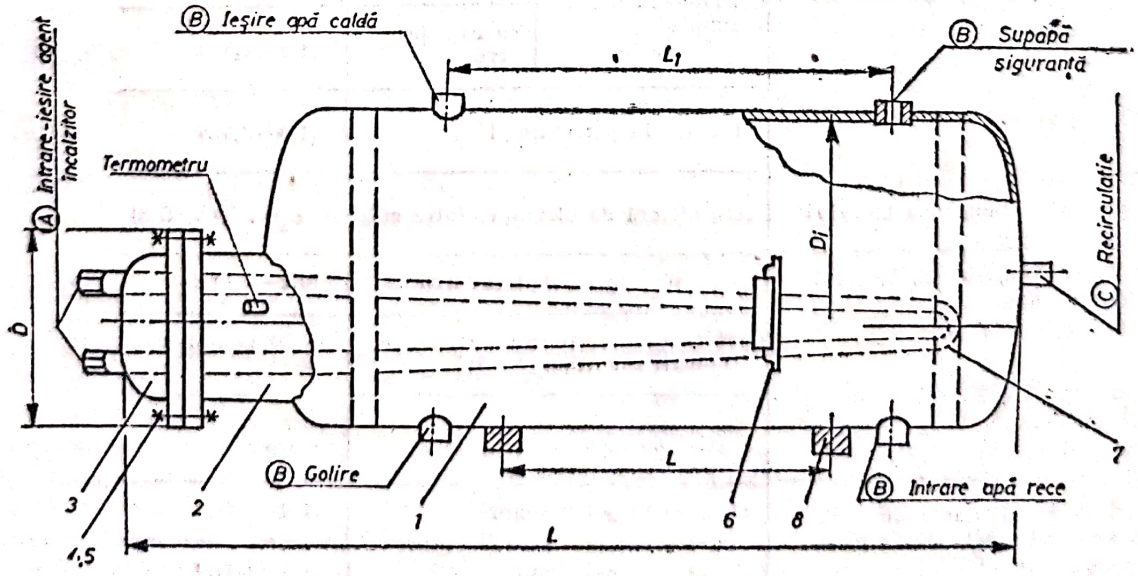


Fig. B.54. — Boiler orizontal cu gît:
1 — corpul boilerului; *2* — cameră-serpentină; *3* — capac; *4, 5* — șuruburi, piulițe; *6* — distanțier; *7* — serpentină; *8* — suport.

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul B.8

Dimensiunile constructive ale boilerului din figura B.53

Capacitatea nominală [l]	p_n [MPa]	Dimensiuni [mm]					Racorduri			Suprafața de încălzire a registrului de țevi [m²]	Greutatea recipientului și a registrului de țevi [kg]
		D_t	D	$L\approx$	L_1	L_2	A	B	C		
160	0,6(1)	350	460	1 750	1 300	1 100	G 1''	G $1_{1/2}$''	G 1''	0,5	105/118
250	0,6(1)	450	580	1 800	1 300	1 100	G 1''	G $1_{1/2}$''	G 1''	0,6	150/171
400	0,6(1)	500	630	2 125	1 600	1 400	G $1_{1/2}$''	G $1_{1/2}$''	G 1''	1,08	193/244
630	0,6(1)	600	730	2 285	1 700	1 500	G $1_{1/2}$''	G $1_{1/2}$''	G 1''	1,5	247/312

Tabelul B.9

Dimensiunile constructive ale boilerului din figura B.54

Capacitate nominală [l]	p_n [MPa]	Dimensiuni [mm]					Racorduri			Suprafața încălzită a registrului de țevi [m²]	Greutatea aproximativă a recipientului și a registrului [kg]
		D_t	D	L	L_1	L_2	A	B	C		
800	0,6(1)	700	630	2 460	1 500	1 300	G 2''	G $1_{1/2}$''	G 1''	2,05	338/426
3 000	0,6(1)	800	630	2 510	1 500	1 300	G 2''	G 2''	G $1_{1/4}$''	2,66	428/494
1 600	0,6(1)	900	630	2 960	1 900	1 700	G $2_{1/2}$''	G 2''	G $1_{1/4}$''	4	562/760
2 000	0,6(1)	1 000	730	3 140	2 000	1 800	G $2_{1/2}$''	G 2''	G $1_{1/4}$''	5	659/860
2 500	0,6(1)	1 000	730	3 740	2 600	2 350	G $2_{1/2}$''	G $2_{1/2}$''	G $2_{1/2}$''	6	776/1 005
3 150	0,6(1)	1 000	730	4 540	3 400	3 150	G 3''	G $2_{1/2}$''	G $1_{1/2}$''	7,5	933/1 205
4 000	0,6(1)	1 100	730	4 792	3 600	3 350	G 3''	G 3''	G 2''	9,5	1 113/1 543
5 000	0,6(1)	1 200	730	5 042	3 800	3 550	G 3''	G 3''	G 2''	10	1 368/1 740

Pentru ambele variante, presiunea nominală poate fi de 6 bar și respectiv 10 bar. Temperatura apei încălzite în b. este de maximum 95°C, iar agentul încălzitor are următoarele presiuni nominale

- apa caldă 95/75°C, $p_n=6$ sau 10 bar
- apa fierbinte 150/70°C, $p_n=16$ bar
- abur de joasă presiune, $p_n<1,7$ bar
- abur de medie presiune, $1,7<p_n<10$ bar.

B. verticale (fig. B.55) se execută cu capacități nominale între 800 și 5 000 l, registrul având suprafețe de schimb de căldură între 1 și 13,5 m². Caracteristicile constructive ale b. verticale sînt prezentate în tabelul B.10. Presiunile nominale sînt identice cu cele indicate, în funcție de agentul încălzitor folosit în cazul b. orizontale. Registrele de încălzire sînt așezate orizontal, având dimensiunile din fig. B.56.

Scanned with OKEN Scanner

Dimensiunile constructive ale boilerului din fig. B.56

Tabelul B.10

Capacitate nominală (l)	p_n [MPa]	D_i	H	B	h_1	h_2	$d_3 \times s_3$	d_4	s_4	s_5	d_5	d_6	$d_7 \times s_7$	L_4	L_5	Suprafaţa de încălzire a registrului de ţevi [m²]
		[mm]														
800	0,6(1)	800	1 870	1 263 / 1 273	1 300	235 / 237	108 × 4	200	12	6	1 1/2″	1″	57 × 3,5	70	301	7
1 000	0,6(1)	800	1 270	1 263 / 1 273	1 700	235 / 237	108 × 4	200	12	6	2″	1 1/4″	57 × 3,5	75	301	7
1 600	0,6(1)	1 000	2 372	1 465 / 1 475	1 700	286 / 287	108 × 4	200	12	7	2″	1 1/4″	57 × 3,5	75	301	8
2 000	0,6(1)	1 100	2 422	1 565 / 1 575	1 700	311 / 313	108 × 4	200	12	7	2″	1 1/2″	76 × 3,5	75	282	9
2500	0,6(1)	1 200	2 572	1 665 / 1 677	1 800	336 / 338	133 × 4	250	14	7	2 1/2″	1 1/2″	76 × 3,5	85	282	10
3 150	0,6(1)	1 200	2 972	1 665 / 1 677	2 200	336 / 338	133 × 4	250	14	7	2 1/2″	2″	76 × 3,5	85	282	10
4 000	0,6(1)	1 300	3 322	1 767 / 1 777	2 500	361 / 364	133 × 4	250	14	8	3″	2″	89 × 3,5	90	269	11
	0,6(1)	1 500	2 974	1 867 / 1 879	2 100	387 / 389	133 × 4	250	14	8	3″	2″	89 × 3,5	90	269	12
5 000	0,6(1)	1 400	3 574	1 867 / 1 879	2 700	387 / 389	133 × 4	250	14	8	3″	2″	89 × 3,5	90	269	12
	0,6(1)	1 600	2 974	2 069 / 2 081	1 000	437 / 440	133 × 4	250	14	9	3″	2″	89 × 3,5	90	269	13,5

Scanned with OKEN Scanner

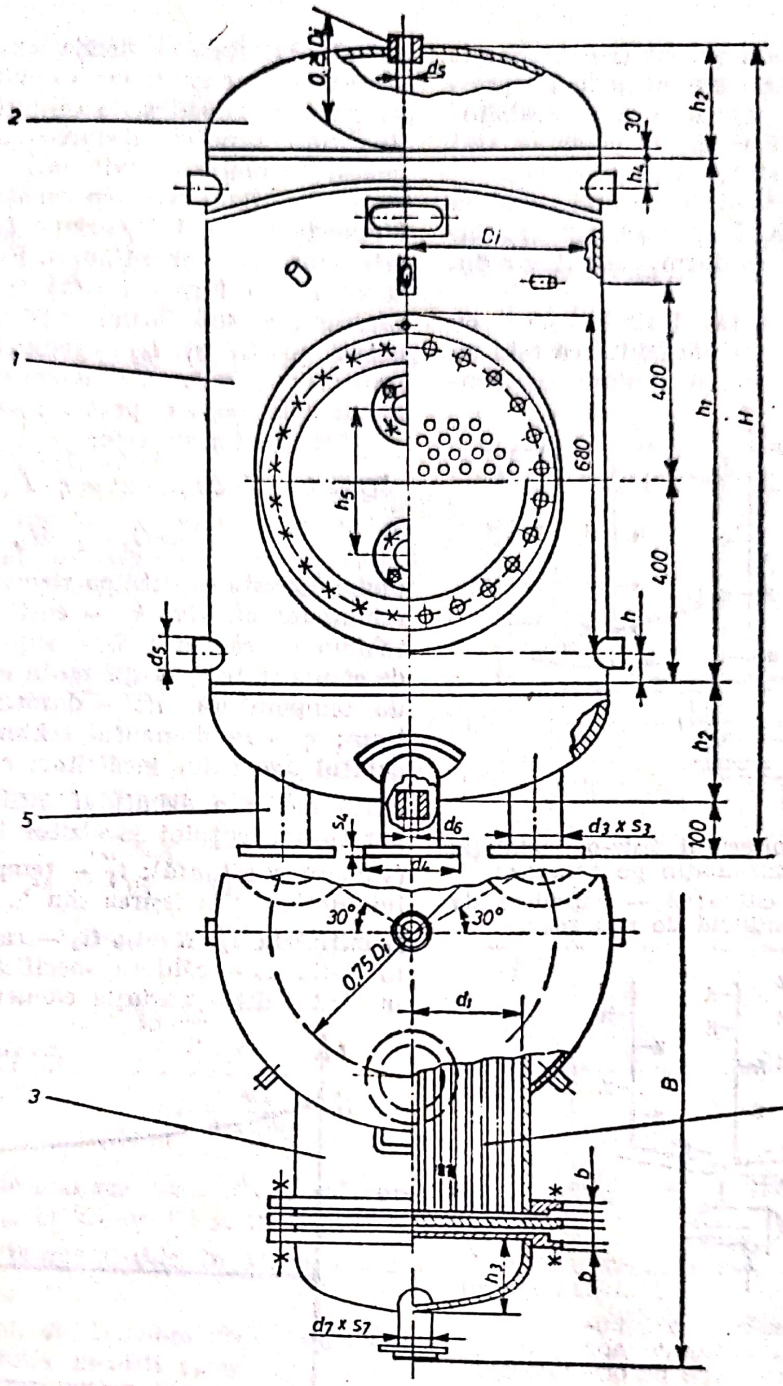


Fig. B.55. Boiler vertical:
1 — manta; *2* — fund elipsoidal; *3* — cameră registru; *4* — registru; *5* — picior.

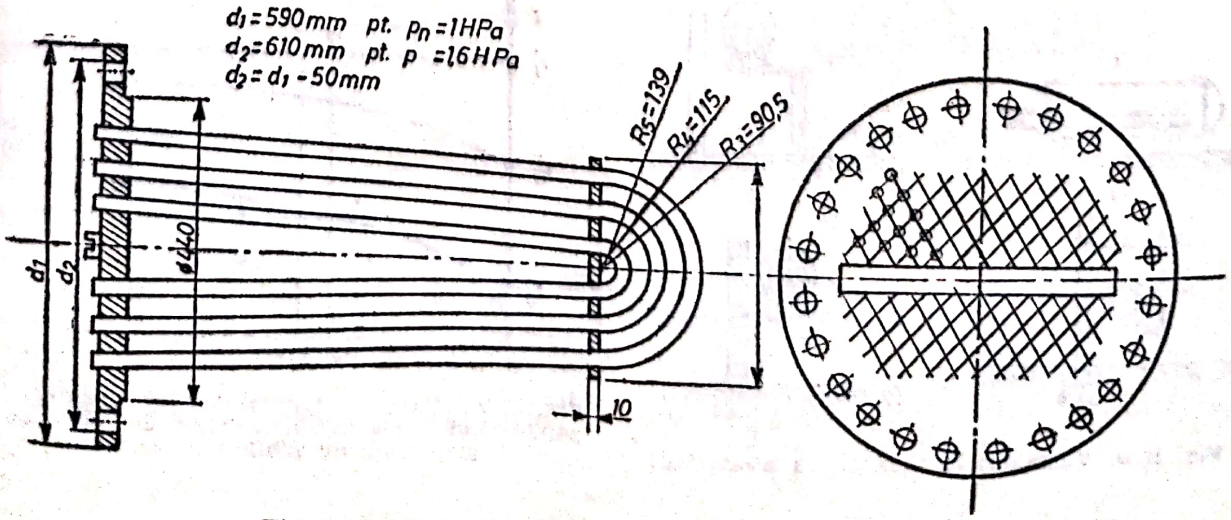


Fig. B.56. Dimensiuni pentru registre de boilere orizontale.

Scanned with OKEN Scanner

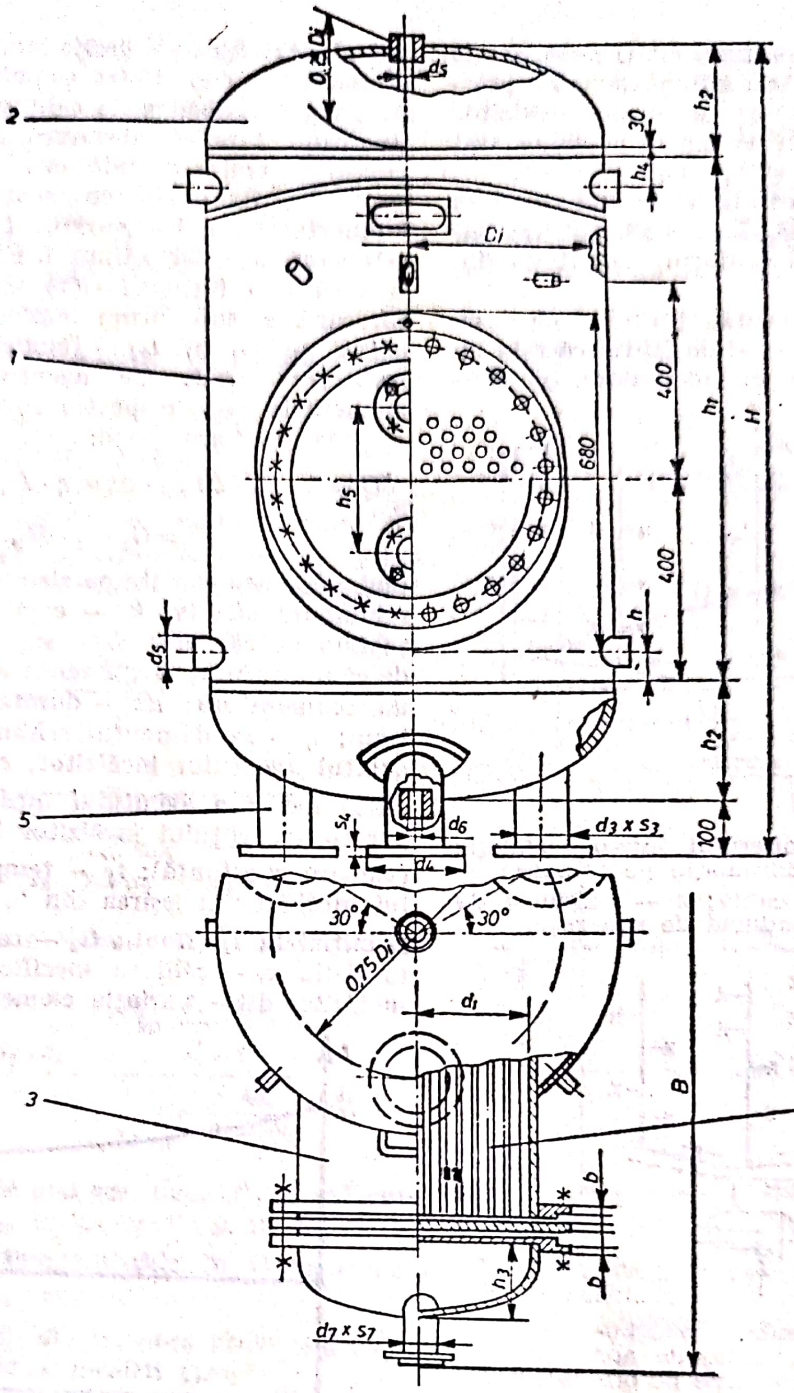


Fig. B.55. Boiler vertical:
1 — manta; *2* — fund elipsoidal; *3* — cameră registru; *4* — registru; *5* — picior.

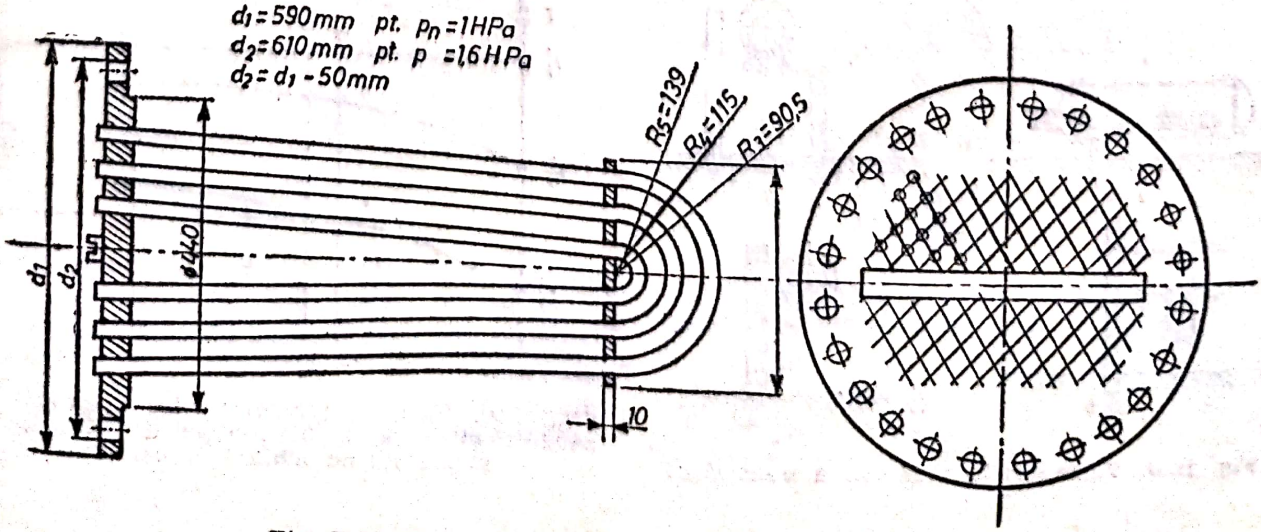


Fig. B.56. Dimensiuni pentru registre de boilere orizontale.

Scanned with OKEN Scanner

Atît pentru b. orizontale, cît și pentru cele verticale, registrul este susținut interior printr-un jug. B. care folosesc ca agent încălzitor apa fierbinte și aburul de medie presiune sînt considerate recipiente stabile sub presiune.

Încadrarea b. în instalația de apă caldă se realizează ca în fig. B.57 și B.58, iar poziționarea lor se realizează conform variantelor din fig. B.59.

Calculul b. se execută, ținînd seama de tipul agentului încălzitor și de faptul că este un schimbător de căldură cu acumulare. Se consideră, că agentul încălzitor nu își schimbă starea de agregare, iar calculul se efectuează pe baza cantităților de căldură și nu pe baza fluxurilor termice, deoarece schimbătorul lucrează în regim nestaționar.

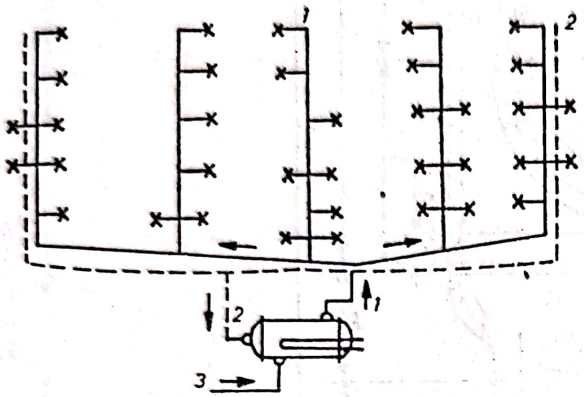


Fig. B.57. Montajul boilerului într-o instalație de apă caldă cu recirculație pe coloane:
1 — conductă de apă caldă; *2* — conductă de circulație; *3* — conductă de apă rece.

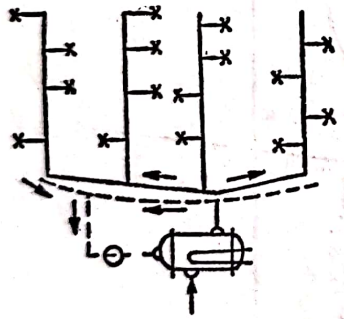


Fig. B.58. Montajul boilerului într-o instalație de apă caldă cu recirculație pe orizontală.

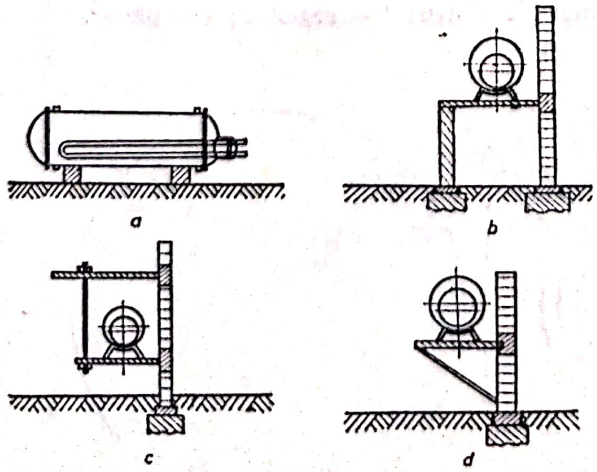


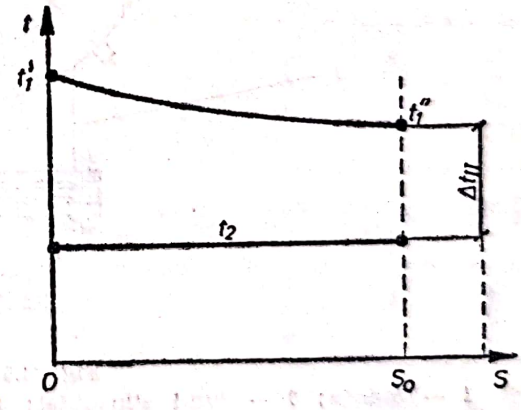
Fig. B.59. Variante de montare a boilerelor.

În fig. B.60 este reprezentată diagrama de tempertaturi, adică variația $t=f(S,\tau)$, unde S este suprafața, iar τ timpul. Funcția t este prezentată sub forma $t=t(\tau)$ și la un moment oarecare, τ, sub forma legăturii $t=t(S)$. S-au notat cu t_{2i} și t_{2f} — temperaturile inițială, respectiv finală, ale agentului încălzit, în momentele $\tau=0$, respectiv $\tau=\tau_0$.

Bilanțul termic este:

$$\delta Q = k \cdot S_0 \cdot \Delta t_{med} \cdot d\tau = \eta \cdot D_1 \cdot c_1 (t_1' - t_1'') d\tau = $$
$$= G_2 \cdot c_2 \cdot dt_2,$$

unde: δQ este cantitatea elementară de căldură schimbată efectiv; k — coeficientul global de schimb de căldură; S_0 — suprafața de schimb de căldură; Δt_{med} — diferența medie logaritmică de temperatură; $d\tau$ — durata elementară de timp; η — randamentul schimbătorului; D_1 — debitul agentului încălzitor; c_1 — căldura specifică medie a agentului încălzitor; t_1' — temperatura agentului încălzitor la intrarea în b. (valoare constantă); t_1'' — temperatura agentului încălzitor la ieșirea din b. (variabilă de la t_1' inițial la t_1'' final); G_2 — cantitatea de apă încălzită; c_2 — căldura specifică medie a apei încălzite; dt_2 — variația elementară de tempe-



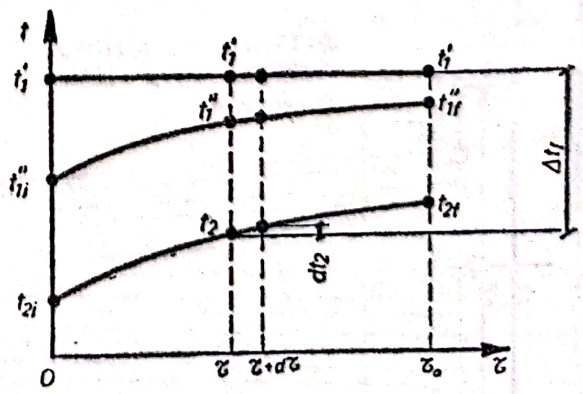


Fig. B.60. Variația temperaturilor agenților încălzitor și încălzit, în funcție de timp și de suprafața de schimb de căldură.

ratură (încălzirea) a agentului încălzit în durata de timp $d\tau$;

Diferența medie de temperatură Δt_{med} se obține din relația:

$$\Delta t_{med} = \frac{t_1' - t_1''}{\ln \dfrac{t_1' - t_2}{t_1'' - t_2}};$$

Prin eliminarea timpului din relația de mai sus rezultă:

$$t_1'' = t_2 + (t_1' - t_2)\, e^{-\frac{kS_0}{\eta G_1 c_1}},$$

care reprezintă funcția de variație a lui t_1''.

Prin integrare, se obțin relațiile de calcul ale suprafeței registrului de încălzire (calcul de proiectare):

$$S_0 = \frac{\eta \cdot D_1 \cdot c_1}{k} \times$$

$$\times \ln \frac{1}{1 - \dfrac{1}{\tau_0} \cdot \dfrac{G_2 c_2}{\eta D_1 c_1} \ln \dfrac{t_1' - t_{2i}}{t_1' - t_{2f}}}$$

și ale duratei de încălzire (calcul de verificare):

$$\tau_0 = \frac{G_2 \cdot c_2}{\eta \cdot D_1 \cdot c_1} \cdot \frac{\ln \dfrac{t_1' - t_{2i}}{t_1' - t_{2f}}}{1 - e^{-\frac{kS_0}{\eta \cdot D_1 \cdot c_1}}}.$$

În relațiile de mai sus, dacă D_1 se măsoară în kg/s; c_1 și c_2, în kJ/kg · K; k, în W/m² · K; G_2, în kg/s, iar temperaturile, în °C, rezultă S_0 în m² și τ_0 în s.

Valorile medii ale temperaturilor agentului încălzitor, respectiv încălzit sînt:

$$t_{1\,med}'' = t_1' - \frac{t_{1f}' - t_{1i}''}{\ln \dfrac{t_1' - t_{2i}}{t_1' - t_{2f}}};$$

$$t_{2\,med} = t_1' - \frac{t_{2f} - t_{2i}}{\ln \dfrac{t_1' - t_{2i}}{t_1' - t_{2i}}}.$$

În cazul cînd agentul încălzitor își schimbă starea de agregare (apă-abur), se admite că temperatura agentului încălzitor este constantă în timp și spațiu, ceea ce presupune că alimentarea se face cu abur saturat care condensează în registru fără subrăcirea condensatului obținut.

Diagramele variațiilor de temperatură sînt indicate în fig. B.61. Bilanțul termic are forma:

$$\delta Q = kS_0(t_1 - t_2)d\tau = G_2 \cdot c_2 \cdot dt_2 =$$

$$= \eta \cdot D \cdot (h - c_1 t_1)dt,$$

cu notațiile suplimentare: D — debitul de abur și h — entalpia aburului la intrarea în b.

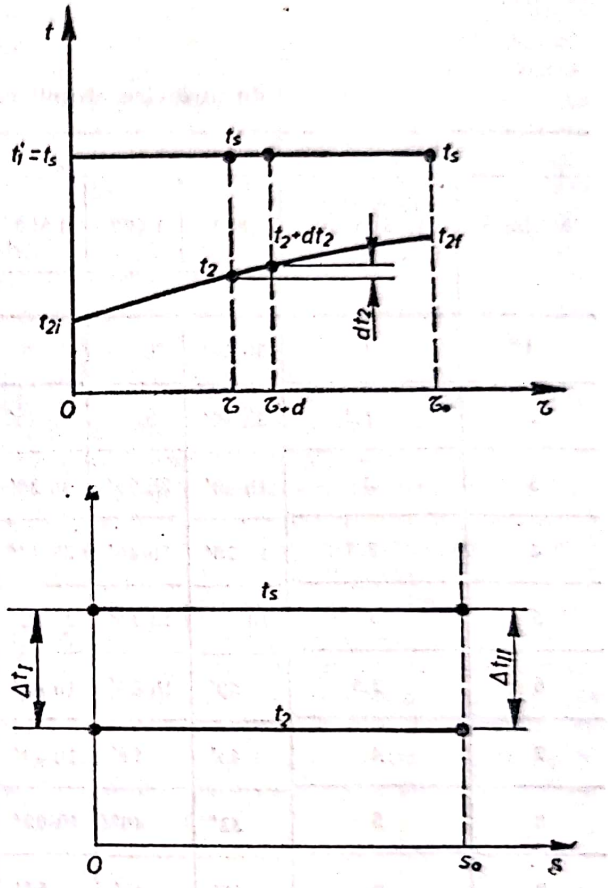


Fig. B.61. Variația temperaturii agentului încălzit, în cazul în care temperatura agentului încălzitor rămîne constantă.

Rezultă:

— suprafața de calcul a registrului de încălzire:

$$S_0 = \frac{G_2 \cdot c_2}{k \cdot \tau_0} \ln \frac{t_1 - t_{2i}}{t_1 - t_{2f}},$$

— durata de încălzire:

$$\tau_0 = \frac{G_2 \cdot c_2}{DS_0} \ln \frac{t_1 - t_{2i}}{t_1 - t_{2f}};$$

— cantitatea de abur necesară pentru întreaga perioadă de încălzire:

$$G_{ab} = \int_0^{\tau_0} D\,d\tau = G_2 c_2 \frac{t_1 - t_{2i}}{\eta(h - c_1 t_1)} \left(1 - e^{-\frac{kS_0}{G_2 \cdot c_2}}\right);$$

Scanned with OKEN Scanner

— consumul de căldură:

$$Q=\int_0^{\tau_0}\delta Q=\frac{G_2\cdot c_2}{\eta}(t_1-t_{2i})\left(1-e^{-\frac{kS_0}{G_2c_2}}\right).$$

În tabelul B.11 se prezintă timpul de încălzire al b. de diferite capacităţi în raport cu mărimea suprafeţei registrului de ţevi de încălzire.

teoria fluctuaţiilor. A stabilit legătura între entropia fenomenologică a lui Clausius (S) şi probabilitatea termodinamică (W), prin formula $S=k\ln W$, care este gravată pe mormîntul său din Viena, ca omagiu pentru lucrările sale fundamentale în domeniul termodinamicii statistice.

BOLTZMAN (Legea lui). Una din legile radiaţiei corpurilor; exprimă puterea emisivă $m_{e\lambda}$ a

Tabelul B.11

Timpul de încălzire al boilerelor în funcţie de suprafaţa de încălzire

Registru		Capacitatea boilerului [l]									
								4 000		5 000	
Mărimea	Szuprafaţa încălzire de [m²]	800	1 000	1 600	2 000	2 500	3 150	1 300	1 400	1 400	1 600
		Timpul de încălzire									
1	1	3h 50′	5h								
2	1,5	2h 30′	3h	4h 30′							
3	2	1h 40′	2h 09′	3h 28′	4h 18′	5h 25′					
4	2,5	1h 20′	1h 40′	2h 40′	3h 17′	4h 12′	5g 30′				
5	3	1h	1h 15′	2h 02′	2h 32′	3h 10′	3h 55′	5h 15′	5h 15′		
6	3,5	50′	1h 04′	1h 42′	2h 14′	2h 40′	3h 20′	4h 17′	4h 17′	5h 20′	5h 20′
7	4	43′	54′	1h 20′	1h 47′	2h 14′	2h 45′	3h 33′	3h 33′	4h 26′	4h 26′
8	5	33′	40′	1h 05′	1h 21′	1h 40′	2h 08′	2h 42′	2h 42′	3h 22′	3h 22′
9	6	28′	32′	52′	1h 05′	1h 20′	1h 43′	2h 12′	2h 12′	2h 43′	2h 43′
10	7	22′	27′	42′	53′	1h 05′	1h 20′	1h 46′	9h 46′	2h 12′	2h 12′
11	8			38′	47′	1h	1h 16′	1h 36′	1h 36′	2h	2h
12	9				43′	54′	1h 08′	1h 27′	1h 27′	1h 49′	1h 49′
13	10					50′	1h 03′	1h 20′	1h 20′	1h 41′	1h 41′
14	11							1h 16′	1h 35′	1h 35′	
15	12								1h 12′	1h 30′	1h 30′
16	13,5										1h 23′

BOLTZMANN, Ludwig. Fizician austriac (1844—1906). A formulat demonstraţia corectă a legii de distribuţie a energiilor moleculare (1868). A creat mecanica statistică şi a emis

corpului negru absolut la temperatura T, prin relaţia:

$$m_{e\lambda}=\frac{dM_{eT}}{d\lambda},$$

Scanned with OKEN Scanner

unde $m_{e\lambda}$ reprezintă emitanța energetică monocromatică (puterea emisivă monocromatică) a unei substanțe radiante în care puterea emisivă M_{eT} este precizată de legea lui Plank:

$$M^{\circ}_{eT}=\int_0^{\infty} m^{\circ}_{e\lambda}\cdot d\lambda=\int_0^{\infty}\frac{C_1\cdot\lambda^{-5}}{e^{C_2/\lambda T}-1}\cdot d\lambda.$$

Pentru efectuarea integrărilor se fac schimbările de variabile $\frac{C_2}{\lambda T}=u$, deci $\lambda=\frac{C_2}{uT}$ și $d\lambda=-\frac{C_2 du}{u^2T}$. Expresia puterii emisive devine:

$$M^{\circ}_{eT}=-C_1\int_{\infty}^{0}\frac{u^5T^5}{C_2^5(e^u-1)}\cdot\frac{C_2du}{u^3T}=$$

$$=T\frac{4C_1}{C_2^4}\int_0^{\infty}\frac{u^3}{e^u-1}du=\sigma_0T^4,$$

unde:

$$\sigma_0=\frac{C_1}{C_2^4}\int_0^{\infty}\frac{u^3}{e^u-1}du=5{,}76\cdot10^{-8}\ [W/m^2K^4],$$

σ_0 fiind constanta Ștefan-Boltzmann.
Ecuația Ștefan-Boltzmann pentru corpul absolut negru devine:

$$M^{\circ}_{eT}=5{,}76\cdot10^{-8}T^4=5{,}76\left(\frac{T}{100}\right)^4=C_0\left(\frac{T}{100}\right)^4,$$

în care C_0 reprezintă coeficientul de radiație al corpului negru absolut. Legea lui Stefan-Boltzmann exprimă proporționalitatea emitanței energetice a corpului negru cu puterea a patra a temperaturii absolute la care se găsește corpul.

Cercetările au dovedit aplicabilitatea legii lui Stefan-Boltzmann și în cazul corpurilor cenușii, sub forma:

$$M_{eT}=C\left(\frac{T}{100}\right),$$

cu coeficientul C de radiație, diferit de la corp la corp, valoarea sa variind între zero și 5,76 W/m^{2}K^4.

BOLTZMANN (Statistica lui). L. Boltzmann, împreună cu J. M. Maxwell (1831—1879) și M. Plank (1858—1947), a pus bazele termodinamicii statistice, prin aplicarea teoriei cinetice a căldurii la gaze. *Termodinamica statistică* a făcut posibilă precizarea microscopică a relațiilor existente între mărimile de stare pe care termodinamica fenomenologică le-a stabilit macroscopic (experimental). Cu ajutorul termodinamicii statistice a fost fundamentat teoretic și fizic cel de-al treilea principiu al termodinamicii, care se referă la temperaturi joase, apropiate de zero absolut, domenii în care experimentarea directă este dificilă.

L. Boltzmann a explicat contradicția dintre principiul al doilea al termodinamicii și teoria cinetică, utilizînd noțiunea de *probabilitate termodinamică*; prin aceasta se înțelege numărul stărilor microscopice care pot reprezenta la un moment dat o stare macroscopică. Starea microscopică se poate schimba din cauza agitației moleculelor chiar și atunci cînd starea macroscopică rămîne neschimbată. Probabilitatea termodinamică a unei stări macroscopice este un număr supraunitar.

Pentru concretizarea noțiunilor, se consideră o incintă izolată care conține un gaz; interesează (ca stare macroscopică) repartiția moleculelor în spațiu, adică frecvența existenței unui anumit număr de molecule în una din jumătățile incintei. Incinta este despărțită în două spații egale, printr-un perete mobil, prima cameră conținînd la un moment dat numărul total n de molecule, identice între ele, a doua cameră avînd vid (fig. B.62). Dacă se suprimă peretele mobil, atunci fie n_1, numărul de molecule rămas în camera 1 și n_2 — numărul de molecule trecute în camera 2. Această repartizare a moleculelor se schimbă. Numărul de cazuri posibile pentru ca cele n molecule să fie grupate cîte n_1 în prima cameră și n_2 în cea de-a doua este egal cu numărul de complexiuni și anume:

$$W=\frac{n_1!}{n_1!\,n_2!},$$

unde W reprezintă probabilitatea termodinamică de a avea n_1 molecule în prima cameră, respectiv $n_2=n-n_1$ în a doua. Cea mai posibilă repartiție este aceea în care moleculele sînt în număr egal în cele două camere, iar cea mai puțin probabilă, cînd moleculele ar fi adunate din nou într-o singură cameră. Cele mai multe cazuri posibile sînt pentru o distribuție egală în cele două camere, față de o distribuție inegală; cu cît numărul de molecule este mai mare, cu atît crește și numărul posibilităților (W) în general, iar diferența între stările de mare și mică probabilitate se reduce, pe măsură ce se micșorează numărul total de particule. Stările microscopice cele mai probabile sînt acelea care au probabilitatea termodinamică maximă. Analiza microfazică arată, că evoluția unilaterală a transformărilor observate are un caracter de probabilitate. Statistica bazează, deci, principiul al doilea al termodinamicii pe probabilități, care poate fi

Scanned with OKEN Scanner

exprimat ca un principiu al creşterii entropiei pe de-o parte, iar pe de altă parte, ca un principiu de probabilitate.

Boltzmann a căutat legătura dintre entropie şi probabilitatea termodinamică a sistemelor izolate. Evoluţia naturală a fenomenelor tinde spre o egalizare a diferenţelor de viteză (prin frecare), de temperatură (prin conducţie sau radiaţie) etc. Pe de altă parte, al doilea principiu al termodinamicii indică ca sens de desfăşurare a transformării acela pentru care entropia creşte. Deci, un sistem izolat evoluează spre stări de mai mare probabilitate şi, în acelaşi timp, entropia sa creşte. Rezultă că entropia este o funcţie de probabilitate termodinamică a stării sistemului, deoarece orice fenomen ireversibil este o trecere a sistemului către stări de o probabilitate mai mare, deci: $S=f(W)$.

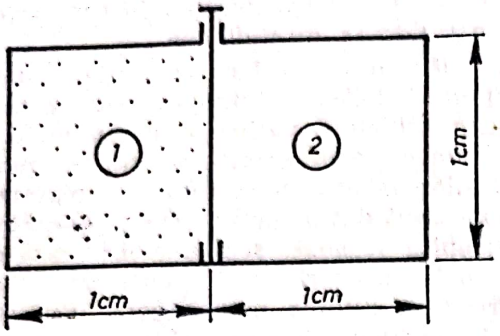


Fig. B.62. Schemă pentru explicarea noţiunii de probabilitate termodinamică.

Determinarea funcţiei $f(W)$ a fost făcută de Boltzmann, plecînd de la proprietatea că entropia este aditivă, iar probabilitatea multiplicativă: $S=S_1+S_2$, iar $W=W_1\cdot W_2$. Pentru a stabili legătura dintre entropie şi probabilitate, ţinînd seama de relaţia $W=W_1\cdot W_2$, rezultă: $f(W_1\cdot W_2)=f(W_1)+f(W_2)$. Soluţia generală a ecuaţiei este: $f(W)=k\cdot\ln W+k_1$. Revenind la ecuaţia $S=f(W)$, deci $k_1=0$, ca urmare se află *relaţia lui Boltzmann*: $S=k\cdot\ln W$, care exprimă faptul că entropia unui sistem izolat este proporţională cu logaritmul natural al probabilităţii termodinamice a stării date, k fiind un factor de proporţionalitate egal cu raportul dintre constanta gazelor perfecte R şi numărul lui Avogadro N:

$$k=\frac{R}{N}=1{,}36\times10^{-16}\ \text{erg/grd}=1{,}36\cdot10^{-23}\ \text{J/K}$$

şi numit *constanta lui Boltzmann*. Cînd temperatura scade spre zero absolut, probabilitatea termodinamică scade şi ea. Boltzmann a aplicat teorema demonstrată la orice sistem fizic; în acest caz, cel de-al doilea principiu al termodinamicii devine o lege statistică.

Din interpretarea statistică a celui de-al doilea principiu rezultă că mărirea entropiei unui sistem izolat oferă numai sensul cel mai probabil al transformărilor reale şi nu cel unic posibil. Transformarea adiabatică cu micşorare a entropiei nu este, deci, posibilă, ci numai foarte puţin probabilă.

BOMBĂ CALORIMETRICĂ. Aparat folosit pentru determinarea puterii calorifice a combustibililor solizi şi lichizi cu viscozitate ridicată (fig. B.63). Aparatul se compune dintr-un corp cilindric din oţel inoxidabil sau oţel obişnuit emailat, cu pereţi groşi, în care se poate înşuruba perfect etanş un capac, prevăzut cu canale pentru introducerea oxigenului, evacuarea gazelor şi pentru conductorul izolat al circuitului de aprindere. Canalele pot fi închise şi deschise prin intermediul unor ventile. Ţeava pentru introducerea oxigenului sub presiune este realizată din platină şi ajunge pînă aproape de fundul bombei pentru ca, prin introducerea oxigenului, întrega cantitate de aer să fie evacuată, iar materialele combustibile în stare pulverizată să nu fie agitate. Creuzetul este susţinut de conductorul de aprindere izolat (terminat la partea inferioară printr-un inel), iar deasupra sa se găseşte un ecran metalic care culisează pe ţeava de oxigen. Pentru efectuarea determinării, proba de combustibil se presează împreună cu filamentul de aprindere, obţinîndu-se o mică brichetă (pastilă) care se plasează deasupra creuzetului; dacă

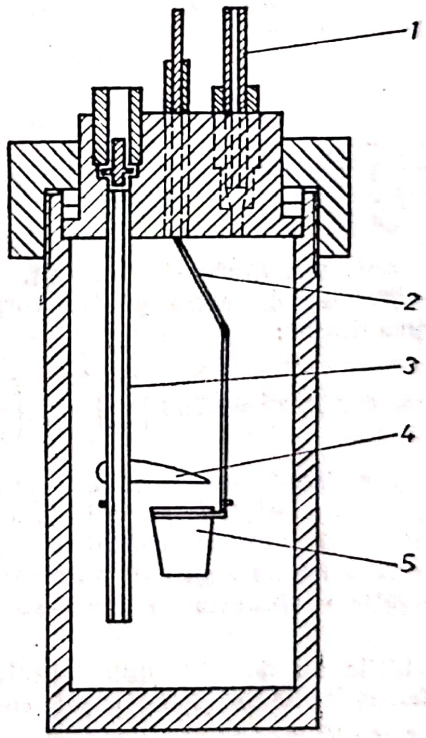


Fig. B.63. Bombă calorimetrică:
1 — conductă de evacuare a gazelor; 2 — conductor de aprindere; 3 — conductă de introducere a oxigenului; 4 — ecran metalic; 5 — creuzet.

Scanned with OKEN Scanner

proba de combustibil nu este adecvată pastilării prin presare, ea se introduce în creuzet. B.c. închisă etanș și umplută cu oxigen se introduce într-un calorimetru, unde, după declanșarea aprinderii electrice, se măsoară cantitatea de căldură cedată apei.

BOURDON (Tub). Element sensibil (traductor) pentru măsurarea presiunii, avînd forma unui tub elastic, de cele mai multe ori metalic, avînd forma unui arc de cerc, cu un unghi la centru 180—270° (sau în spirală elicoidală) (fig. B.64).

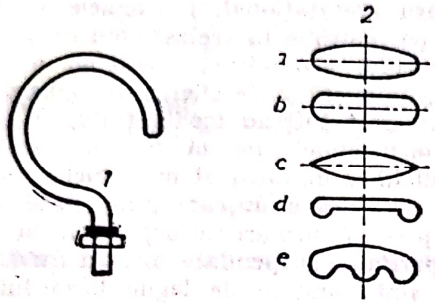


Fig. B.64. Tub Bourdon:

1 — tubul propriu-zis; *2* — tipuri de secțiuni transversale ale tubului; *a* — eliptică; *b* — plan-ovală; *c* — lenticulară; *d*, *e* — alte forme.

T. B. este executat din alamă, bronz fosforos, aliaj de cupru-beriliu sau, pentru presiuni mari, din oțel aliat; tubul propriu-zis este obținut prin laminare, lipire sau sudare. În ultimele două cazuri, curbarea se face în așa fel, încît lipiturile sau sudura să fie situate spre centrul de curbură. Curbarea se face prin matrițare la cald, pentru tuburile laminate din oțel, iar în cazul tuburilor lipite și sudate, prin umplere cu nisip și îndoire pe o rolă astfel, încît axa medie longitudinală și axele mici ale secțiunilor transversale să fie cuprinse în planul de simetrie al tubului. Tubul are un capăt fix, racordat printr-o piesă de prindere la conducta de priză și unul liber, închis ermetic cu un dop. Deplasarea capătului liber, provocată de variația curburii tubului elastic, ca urmare a acțiunii presiunii, este amplificată și transmisă unui ac indicator sau unei peniță. Dacă presiunea fluidului, transmisă prin conducta de priză în interiorul tubului, este mai mare decît presiunea fluidului care înconjoară tubul, secțiunea turtită tinde să devină circulară, tubul se destinde, mărindu-și razade curbură a axei medii longitudinale și micșorîndu-și unghiul la centru; dacă presiunea din interiorul tubului este mai mică decît cea din exteriorul său, atunci acesta se încovoaie (se curbează), micșorîndu-și raza de curbură și mărindu-și unghiul la centru. Dreapta care exprimă legătura funcțională între deplasarea λ a capătului liber și mărimea diferenței de presiune Δp între interiorul și exteriorul tubului se numește *caracteristica* **t. B.** și este prezentată în fig. B.65. Raportul $\lambda/\Delta p$ se numește sensibilitatea tubului, fiind direct proporțională cu turtirea secțiunii transversale și raza de curbură a tubului și invers proporțională cu grosimea peretelui tubului.

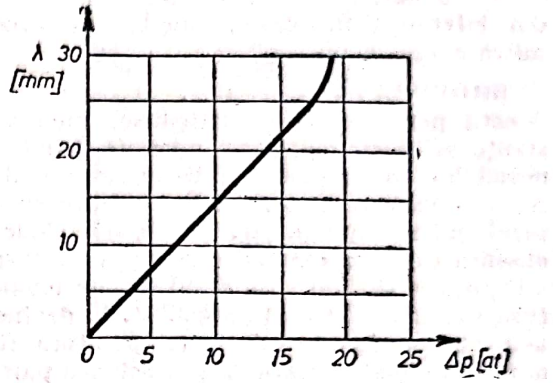


Fig. B.65. Dependența între deplasarea capătului liber al tubului Bourdon și diferența de presiune.

T. B. este utilizat la construcția manometrelor metalice în domeniul de presiuni de 0,6—300 bar, extins pînă la 5 000 bar, prin folosirea unor profile de egală rezistență sau chiar pînă la 10 000 bar, prin utilizarea unor piese metalice masive găurite excentric. T B umplut cu lichid (mercur, alcool, toluen etc.), cu gaz (azot, argon, heliu, CO_2 etc.) sau vapori (benzen, eter, propan, clorură de metil etc.) se folosește în construcția termometrelor manometrice (care măsoară diferența de temperatură prin variația presiunii fluidului din tub). De asemenea, este folosit ca element sesizor (traductor) în instalațiile de automatizare, pentru presiunea sau temperatura fluidelor de lucru. Inconvenientul principal al **t. B.** este faptul că își modifică în timp proprietățile elastice, deci și sensibilitatea. Se impune verificarea periodică a aparatelor care utilizează drept element sensibil **t. B.** Deoarece deformarea elementului elastic este proporțională cu variația de presiune, la măsurători nu trebuie depășită limita de proporționalitate a materialului din care este confecționat tubul pentru a se evita apariția unor deformații permanente.

BOYLE, Robert. Fizician irlandez (1627—1691). În 1661 a făcut experiențe asupra elasticității și compresibilității aerului care l-au condus la legea $pv=\text{const.}$ (la temperatura $T=\text{const.}$), lege verificată ulterior, mai exact, de E. Mariotte. A inventat o pompă pneumatică cu ajutorul căreia a efectuat experiențe și observații asupra vidului. Boyle a fost unul din precursorii atomismului modern. A încercat să explice toate fenomenele prin așezarea, mișcarea și forma atomilor, imaginați ca niște particule extrem de mici și indivizi-

Scanned with OKEN Scanner

bile, din înlănțuirea cărora iau naștere corpurile solide, iar din desfacerea lor, lichidele. Schimbările stării fizice și ale proprietăților chimice sînt rezultatul mișcării atomilor.

BROWN, Robert. Botanist scoțian (1773—1858). A descoperit în 1827 mișcarea dezordonată a particulelor foarte mici în suspensie din interiorul lichidelor, numită, de atunci, mișcare browniană.

BROWNIANĂ (Mișcare). Mișcare dezordonată permanentă a particulelor mici (substanțe solide sau picături mici de lichide nemiscibile) în suspensie într-un mediu fluid. Această mișcare este pusă în evidență cu ajutorul microscopului. **M. b.** există chiar în absența cauzelor externe care ar putea furniza o explicație și chiar și în cazul în care temperatura sistemului este uniformă. **M. b.** devine cu atît mai evidentă, cu cît temperatura sistemului este mai ridicată și dimensiunea particulelor, a căror mișcare o urmărim, mai mică. Amplitudinea mișcării scade, atunci cînd crește viscozitatea mediului. Dacă se admite, că lichidul (sau gazul) în care sînt imersate particulele a căror **m. b.** se observă este constituit dintr-un număr mare de atomi sau molecule independente, rezultă că într-un interval de timp dat, fiecare particulă străină va fi lovită de un anumit număr de molecule, provenind din direcții diferite; rezultanta impulsurilor comunicate nu va fi nulă cel puțin într-unul din momente. În plus, coliziunile, guvernate de legile întîmplării, vor conduce particula pe o traiectorie absolută neregulată, de forma celei prezentate în fig. B.66. Aplicînd principiul echipartiției energiei, conform căruia energia cinetică a unui sistem se împarte în mod egal între elementele independente care îl compun, se poate evalua energia cinetică

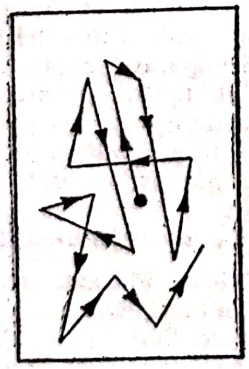


Fig. B.66. Traiectoria unei particule în mișcare browniană.

medie comunicată particulelor în suspensie. Particulele în suspensie, fiind coparticipante la energia cinetică a moleculelor, pot fi considerate „molecule" de masă foarte mare. Pe baza principiului echipartiției energiei, se poate calcula viteza lor medie pătratică:

$$\frac{1}{2} m\overline{w}^2 = \frac{3}{2} kT; \quad \overline{w}^2 = \frac{3kT}{m},$$

unde: m este masa unei particule; k — constanta lui Boltzmann ($1{,}38 \times 10^{-23}$ J/K); T — temperatura absolută.

Cele mai interesante experiențe asupra **m.b.** au fost realizate în anul 1908 de către fizicianul francez *J. Perrin*. Acesta a reușit să demonstreze că, în emulsiile coloidale în echilibru gravitațional, particulele se repartizează pe înălțime în același mod ca și moleculele gazului atmosferic, ascultînd de aceeași lege geometrică a rarefierii. În general, orice corp imersat într-un mediu fluid, cu condiția ca dimensiunile sale să fie comparabile cu drumul liber mijlociu al moleculelor mediului, poate prezenta o mișcare influențată de **m.b.** Este posibilă urmărirea deplasării în timp a unei particule suspendate într-un fluid. Deplasările sînt conduse de legile hazardului, dar este posibil de a determina deplasarea medie x și a confrunta rezultatele calculului cu rezultatele experimentale. Dacă o particulă m, aflată în mișcare cu viteza w, se află sub acțiunea a două forțe:

— una cu caracter de rezistență ($-m\alpha w$), unde β este un coeficient care depinde de viscozitatea fluidului;

— cealaltă forță variind rapid, în timp, avînd valoarea medie nulă și mărimea instantanee $= mA(\tau)$, ecuația mișcării particulei, denumită *ecuația lui Langevin*, este:

$$\frac{dw}{dt} = -\beta w + A(\tau).$$

Numărul lui Avogadro N (număr de molecule conținut de un kmol de corp pur) poate fi obținut în urma observării **m.b.**, în două moduri diferite: prima metodă a fost concepută și aplicată de Perrin, a doua este datorată lui Einstein.

Metoda lui Perrin se bazează pe ipoteza că relația, care descrie distribuția pe verticală a moleculelor unui gaz aflat în cîmpul gravitațional, se aplică și în cazul particulelor în suspensie. În acest caz, este totuși necesară introducerea unui factor de corecție care să țină seama de densitatea ρ' a mediului și de densitatea ρ a particulelor în suspensie. Dacă cantitatea de substanță considerată este egală cu 1 kmol, relația are forma:

$$\frac{R_M \cdot T}{N} \cdot \log_{10} \frac{n_0}{n} = \frac{4}{3} \pi \cdot r^3 \cdot g \cdot h(\rho - \rho'),$$

unde N este numărul de molecule cuprins într-un kmol de gaz, adică numărul lui Avo-

Scanned with OKEN Scanner

gadro; r — raza moleculei presupusă sferică: R_M — constanta universală a gazelor perfecte; T — temperatura absolută; g — acceleraţia gravitaţională.

Mărimile R_M, T, g, ce prezintă parametrii referitori la particulele în suspensie, pot fi determinaţi experimental; singura necunoscută rămîne N a cărei valoare se poate determina.

Metoda lui Einstein. O soluţie a ecuaţiei lui Langevin obţinută în cazul domeniului de valabilitate a legii lui Stokes (pentru particule sferice) are forma:

$$x^2 = \frac{k T \tau}{3\pi a \eta},$$

unde: x este deplasarea; τ — durata observaţiei; a — raza particulei ; η — viscozitatea dinamică.

Dacă se înlocuieşte $k = \frac{R_M}{N}$, se obţine pentru numărul lui Avogadro expresia următoare:

$$N = \frac{R T \tau}{3\pi \eta a x^2}$$

care exprimă pe N, funcţie de mărimi care pot fi toate măsurate direct.

Dintre aceste două metode, a doua este mai precisă. Cu metoda Perrin se găseşte $N = 6{,}8 \times 10^{23}$, iar cu metoda Einstein, $N = 6{,}5 \times 10^{23}$.

BUJIE. Element component al instalaţiei de aprindere a motoarelor cu aprindere prin scînteie, care transformă impulsul electric de înaltă tensiune primit de la bobina de inducţie, prin distribuitor, în scînteie, declanşînd procesul de aprindere a amestecului carburant.

B. (fig. B.67) este formată din tija şi electrodul central *1* (uneori, despărţite printr-un spaţiu disruptiv), electrodul de masă *2*, izolatorul *3* şi carcasa metalică *4*. Tija *1* este prevăzută, la extremitatea opusă electrodului central, cu borna *5* care permite conectarea fişei de la distribuitor. Electrodul central, cu polaritate pozitivă, este realizat dintr-un aliaj de metale rare (nichel, platină, tungsten). Electrodul de masă, cu polaritate negativă, este format dintr-o tijă cilindrică, sudată electric la carcasa metalică. Acesta este realizat din acelaşi aliaj ca şi electrodul central. Carcasa metalică conţine filetul *6*, care permite fixarea **b.** în chiulasa motorului, astfel încît cei doi electrozi să pătrundă în camera de ardere a motorului. Izolatorul separă electric electrodul central de carcasa metalică a **b.** şi realizează legătura mecanică dintre acestea. Materialul izolator trebuie să fie perfect omogen, bun conducător de căldură şi să posede rezistenţă dielectrică şi rezistenţă mecanică

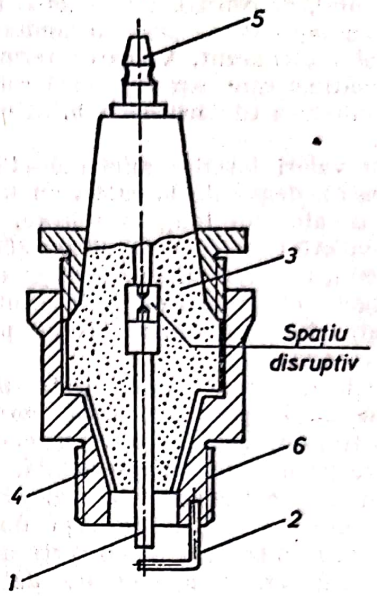


Fig. B.67. Secţiune prin bujie.

satisfăcătoare la cald şi la frig. De regulă, acest material are o compoziţie specială, pe bază de aluminiu, piranit sau mică.

B. lucrează în condiţii termice şi dinamice extrem de severe: temperaturi instantanee ce ating 2 000°C şi presiuni de cca 50 daN/cm^2. Temperatura medie a **b.** în camera de ardere nu trebuie să depăşească 800°C, deoarece, pe de o parte, punctele de incandescenţă ar putea produce autoaprinderea necontrolată a amestecului carburant, iar pe de altă parte, la temperaturi de cca 1 000°C, izolantul electrodului central ar deveni conducător de electricitate. În acelaşi timp, temperatura nu trebuie să scadă sub 500°C, pentru a evita ancrasarea **b.** de către reziduurile de ardere.

Gradul de încălzire a **b.**, respectiv temperatura medie de echilibru a acesteia depinde de caracteristicile motorului (raport de comprimare, regim termic etc.), de caracteristicile termice ale materialelor din care este confecţionată **b.** şi de forma constructivă a acesteia (căldura specifică a materialelor, conductivitatea termică, diametrul şi lungimea izolatorului etc.). Astfel, la **b.** care lucrează în condiţii termice grele, deci care trebuie să evacueze o cantitate mare de căldură către chiulasă, diametrul şi lungimea izolatorului trebuie să fie cît mai mici. Proprietatea **b.** de a înmagazina şi de a transmite către chiulasă o cantitate de căldură mare, fără ca electrozii sau izolatorul să devină puncte de temperatură ridicată şi să provoace aprinderi secundare, precum şi rezistenţa la ancrasare sînt caracterizate prin cifra termică a **b.**

Cifra termică sau *valoarea termică* reprezintă timpul după care o **b.** montată pe un motor

Scanned with OKEN Scanner

experimental, de construcție specială, provoacă prima autoaprindere prin incandescență a amestecului carburant. Valoarea termică este, deci, o mărime care caracterizează capacitatea de transmitere a căldurii de la **b.** către mediul exterior.

B. cu valori termice mici (25—125, după scala Bosch), denumite **b. calde,** au în general capătul izolatorului lung și subțire, pe cînd cele cu valori termice mari (200—350), denumite **b. reci,** au suprafața de contact cu gazele foarte mică, capătul izolatorului fiind scurt.

Valoarea termică a **b.** se înscrie pe corpul metalic al acesteia.

Scînteile declanșate între electrozii **b.** produc unde cu lungime de undă scurtă, care perturbă transmisia radio și, în special, cea de televiziune pe o distanță apreciabilă, în jurul motorului în funcțiune. De aceea, se prevede protecția acestor transmisii față de undele parazite, prin montarea unor rezistențe antiparaziți, din grafit aglomerat, de 5 000—20 000 Ω, în serie, pe fișa centrală a **b.,** pe fiecare din fișele **b.,** sau în circuitul primar al bobinei de inducție.

BUNSEN (Calorimetru). Face parte din grupa calorimetrelor izoterme.

Este folosit pentru determinarea căldurii specifice a unei substanțe, la care căldura pierdută de aceasta e primită de o cantitate de gheață care se topește parțial, producîndu-se astfel o micșorare de volum a gheții. Această micșorare de volum este pusă în evidență prin contractarea unei coloane de mercur într-un tub capilar. Cantitatea de căldură q, care corespunde retragerii mercurului cu o diviziune, se determină, în prealabil, prin etalonarea instrumentului cu o substanță de căldură specifică cunoscută. Dacă mercurul s-a retras cu n diviziuni și dacă în eprubetă a fost introdusă o masă M de corp, la temperatura t, căldura specifică a corpului este:

$$c = \frac{q \cdot n}{M \cdot t}.$$

B.T.U. (British Thermal Unit). Unitate engleză de măsură a energiei, folosită în special în Marea Britanie, avînd relații de echivalență date în tab. B.12 și B.13.

Tabelul B.12

B.T.U. — relații de echivalență

U.M.	$kcal_{IT}$	kgf.m	kJ	kWh
1 B.T.U	0,252	107,6	1,055	0,000293

Tabelul B.13

B.T.U. — relații de echivalență

U.M.	B.T.U.
$kcal_{IT}$	3,9680
kgf·m	0,009294
kJ	0,9477
kWh	3 412

BY-PASS. Deviație care dublează, pe o anumită porțiune, o conductă principală de fluid (fig. B.68), dînd astfel posibilitatea de

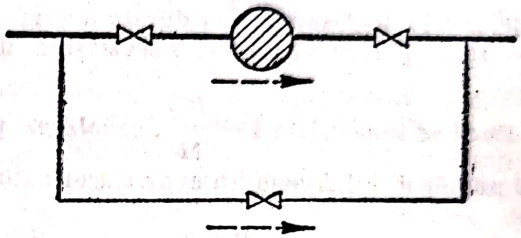


Fig. B.68. Conductă de by-pass.

a se dirija în mod temporar circulația fluidului.

Conducta de by-pass (ocolire) se montează în paralel fie cu un aparat de măsură care necesită intervenții dese, fie cu un utilaj a cărui funcționare, intermitentă sau nestaționară, impune existența unei posibilități de ocolire a sa de către fluidul de lucru.

Supapă de by-pass este o supapă montată în paralel cu o pompă volumetrică, avînd sensul de trecere dinspre refularea spre aspirația pompei (fig. B.69), cu scopul de a o descărca de suprapresiunea ce poate apare, dacă în timpul funcționării, printr-o manevră greșită, se obturează complet conducta de refulare. Într-un asemenea caz, la creșterea presiunii

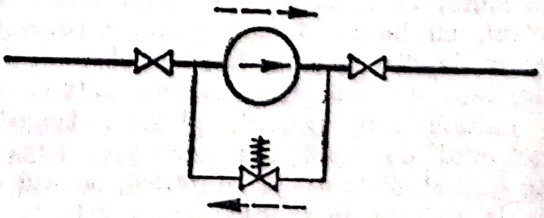


Fig. B.69. Supapă de by-pass.

peste limita admisibilă (impusă din considerente de rezistență a materialului), supapa se deschide făcînd legătura cu aspirația pompei. Supapa de by-pass este, de regulă, montată chiar în carcasa pompei.

Scanned with OKEN Scanner

C

CAL PUTERE (C.P.) Unitate de măsură a puterii, folosită în tehnică, echivalentă cu 75 kgfm/s sau cu aproximativ 736 W.

În Marea Britanie și S.U.A., **c.p.** (notat HP) echivalează cu aproximativ 76 kgfm/s (1 HP=76,0402 kgfm/s).

Relații de echivalență:

$$1\ \text{CP}=735{,}499\cdot10^7\ \text{erg/s}=735{,}49875\ \text{W}=$$

$$=75\ \text{kgfm/s}=175{,}671\ \text{cal/s}=2\,559{,}63\ \text{BTU/h}=$$

$$=0{,}98632\ \text{HP}.$$

Fiind o unitate care nu face parte dintr-un sistem coerent de unități de măsură și nereprezentînd un multiplu zecimal al unei astfel de unități, **c.p.** este înlocuit prin kilowat.

CALORIFICĂ (Putere). Căldura degajată prin arderea completă a unității de cantitate dintr-un combustibil. În timpul arderii, energia degajată sub formă de căldură este preluată de gazele de ardere în care se găsesc și vapori de apă, proveniți atît din umiditatea inițială a combustibilului, cît și prin arderea hidrogenului din masa combustibilă. Pentru vaporizarea acestei cantități de apă se consumă o parte din căldura degajată prin ardere, parte care nu mai este folosită la ridicarea temperaturii gazelor și, deci, nu mai poate fi folosită în instalațiile termice.

În funcție de căldura necesară vaporizării apei, se introduc două noțiuni: putere calorifică inferioară (Q_i) și putere calorifică superioară (Q_s).

P. c. inferioară (Q_i) reprezintă cantitatea de căldură utilă, degajată prin arderea completă a unității de cantitate dintr-un combustibil, din care s-a scăzut căldura necesară vaporizării apei, conținută în gazele de ardere.

P. c. superioară (Q_s) reprezintă cantitatea de căldură degajată prin arderea completă a unității de cantitate dintr-un combustibil, apa formată fiind evacuată în stare lichidă.

Relația de legătură dintre cele două **p.c.** este:

$$Q_s=Q_i+2\,510\left(9\frac{H}{100}+\frac{W}{100}\right)\ \text{[kJ/kg comb]},$$

unde $9\frac{H}{100}$ reprezintă cantitatea de apă rezultată din arderea a H/100 kg de hidrogen conținut de 1 kg de combustibil; 2 510 — căldura de vaporizare a apei la presiunea $p=1$ bar.

Ținînd seama de unitățile pentru exprimarea cantității folosite în practică, **p.c.** a unui combustibil solid sau lichid se exprimă în kJ/kg, iar a unui combustibil gazos în kJ/m^3_N.

Determinarea **p.c.** a unui combustibil se face prin metode experimentale. În cazul cînd se cunoaște analiza elementară a combustibilului, **p.c.** se poate determina aproximativ și prin calcul. Baza teoretică pentru determinarea prin calcul a **p.c.** a unui combustibil o constituie însumarea cantităților de căldură degajate prin arderea fiecărui element combustibil din care este alcătuit combustibilul.

Analiza elementară a unui combustibil lichid sau solid se prezintă sub forma:

$$\frac{C}{100}+\frac{S}{100}+\frac{H}{100}+\frac{N}{100}+\frac{O}{100}+$$

$$+\frac{W}{100}+\frac{A}{100}=1\ \text{[kg]},$$

din care elementele combustibile sînt: C, S și H. Carbonul existent în combustibil degajă o cantitate de căldură:

$$Q^C=\frac{405\,874{,}5}{12}\cdot\frac{C}{100}=$$

$$=33\,822{,}8\frac{C}{100}\quad\text{[kJ/kg comb.]},$$

Scanned with OKEN Scanner

iar sulful — cantitatea de căldură:

$$Q^S = \frac{290\,257,2}{32} \cdot \frac{S}{100} =$$

$$= 9\,066,87 \frac{S}{100} \quad [kJ/kg\ comb.].$$

Căldura degajată prin arderea hidrogenului este:

$$Q^H = \frac{239\,774,08}{2} \cdot \frac{1}{100}\left(H - \frac{O}{8}\right) =$$

$$= 119\,887,04 \frac{1}{100}\left(H - \frac{O}{8}\right) \quad [kJ/kg.comb],$$

unde s-a făcut ipoteza că oxigenul de constituție nu participă la ardere, rămînînd legat cu o parte din hidrogenul din combustibil. Deoarece oxigenul de constituție este $\frac{O}{100}$ [kg O_2/kg.comb] și din ecuația de ardere rezultă că 1 (kg O_2) se poate lega cu $\frac{2}{16}$ (kg H_2), urmează că hidrogenul legat este:

$$H_{leg} = \frac{2}{16} \cdot \frac{O}{100} = \frac{1}{8} \cdot \frac{O}{100} \quad [kg\ H_2/kg.comb],$$

și, deci, hidrogenul disponibil devine:

$$H_{dis} = \frac{H}{100} - \frac{1}{8} \cdot \frac{O}{100} =$$

$$= \frac{1}{100}\left(H - \frac{O}{8}\right) \quad [kg\ H_2/kg\ comb.].$$

Căldura absorbită pentru vaporizarea cantității de umiditate (W) din combustibil are expresia: $2\,511,6 \frac{W}{100}\left[\frac{kJ}{kg.comb}\right]$. Relația de calcul a **p.c.** inferioare se determină prin însumarea algebrică a expresiilor de mai sus:

$$Q_i = 33\,822,8 \frac{C}{100} + 9\,066,87 \frac{S}{100} +$$

$$+ 119\,887,04 \frac{H - \frac{O}{8}}{100} - 2\,511,6 \frac{W}{100}\left[\frac{kJ}{kg.comb}\right]$$

În cazul combustibililor gazoși, deoarece aceștia reprezintă un amestec de gaze distincte, **p.c.** inferioară se determină exact, prin însumarea cantităților de căldură degajate din arderea fiecărui gaz combustibil.

P.c. inferioară (Q_i) a combustibilului gazos are următoarea expresie de calcul:

$$Q_i = 12\,633,3 \frac{CO}{100} + 10\,795,7 \frac{H_2}{100} +$$

$$+ 35\,811,2 \frac{CH_4}{100} + 59\,051,9 \frac{C_2H_4}{100} +$$

$$+ 63\,736,03 \frac{C_2H_6}{100} + 56\,929,6 \frac{C_2H_2}{100} +$$

$$+ 23\,378,8 \frac{H_2S}{100}\left[\frac{kJ}{m^3_N\ comb}\right]$$

Atunci cînd combustibilul este format dintr-un amestec de combustibili diferiți, **p.c.** inferioară se poate calcula în modul următor, distingîndu-se două cazuri:

a) combustibilul este format din amestecarea a doi combustibili *a* și *b*, solizi, sau a unui combustibil solid cu altul lichid:

$$Q_i^{am} = g_a Q_i^a + (1 - g_a) Q_i^b \quad \left[\frac{kJ}{kg}\right],$$

unde: g_a este participația masică a combustibilului *a*; Q_i^a — **p.c.** inferioară a combustibilului *a*; Q_i^b — **p.c.** inferioară a combustibilului *b*.

b) combustibilul este format din amestecul a doi combustibili, dintre care unul este solid sau lichid și celălalt gazos:

$$Q_i^{am} = Q_i^s + n Q_i^g \quad \left[\frac{kJ}{kg}\right],$$

unde: Q_i^s este **p.c.** inferioară a combustibilului solid sau lichid [kJ/kg]; n — cantitatea de combustibil gazos introdusă pentru fiecare kg de combustibil solid sau lichid [m^3_N/kg]; Q_i^g — **p.c.** inferioară a combustibilului gazos [kJ/m^3_N].

Pentru a compara consumul de combustibil în cazul instalațiilor care folosesc combustibili cu **p.c.** diferite, s-a introdus noțiunea de *combustibil convențional* care reprezintă un combustibil ipotetic cu **p.c.** inferioară de 29 300 kJ/kg. În tabelul C.1 se indică informativ analiza elementară și **p.c.** ale unor combustibili gazoși.

Tabelul C.1

Analiza elementară a unor combustibili gazoși

Combustibil	H_i [kJ/m^3_N]	CO [%]	H_2 [%]	CH_4 [%]	C_2H_6 [%]	H_2S [%]	O_2 [%]	CO_2 [%]	N_2 [%]
Gaz de furnal	3 934,8	28,0	2,7	0,3	—	0,3	—	10,5	58,5
Gaz de Sondă Ariceștí	35 287,9	—	—	95,0	2,0	—	—	2,0	—
Gaz natural	35 706,5	—	0,4	99,0	—	—	0,4	—	0,2

Scanned with OKEN Scanner

CALORIE (cal). Unitate de măsură a căldurii, egală cu cantitatea de căldură necesară unui gram-masă de apă pură pentru a-şi modifica temperatura cu un grad Celsius, la presiunea constantă de 760 mm Hg (1,01325 bar).

În funcţie de valoarea temperaturii la care se consideră intervalul de un grad, se definesc:

— **C. la 15°C** (cal_{15}), egală cu cantitatea de căldură necesară unui gram de apă pură pentru a-şi ridica temperatura de la 14,5°C la 15,5°C.

$$1\ cal_{15} = 4{,}1855\ [J];$$

— **C. la 20°C** (cal_{20}), egală cu cantitatea de căldură necesară unui gram de apă pură pentru a-şi ridica temperatura de la 19,5°C la 20,5°C.

$$1\ cal_{20} = 0{,}999\ cal_{15} = 4{,}18136\ [J].$$

În sistemul tehnic de unităţi de măsură , **c.** se defineşte în raport cu un gram-forţă, astfel că pentru asigurarea unei echivalenţe cu **c.** definită în raport cu gramul-masă sînt necesare precizări suplimentare asupra condiţiilor în care să se considere greutatea masei de apă respectivă (la nivelul mării, latitudinea de 45°, acceleraţia gravitaţiei 980,665 m/s^2).

În S.U.A., se mai foloseşte **c. termochimică** (cal_{th}), adoptată de Biroul de Invenţii şi Standarde din Washington,

$$1\ cal_{th} = 4{,}18840\ [J].$$

Pentru evitarea nepotrivirilor care s-ar crea prin folosirea **c.** definită în mai multe moduri, pe plan internaţional s-a adoptat, prin Conferinţele Internaţionale de Energetică din 1929, 1930 şi 1934 şi la Adunarea Generală a Uniunii Internaţionale de fizică din 1963, ca unitate de măsură a căldurii, **c.** a cărei valoare este egală cu 1/860 Wh (caloria tabelelor internaţionale). Aceasta se numeşte **c.** *internaţională* (cal_{IT}) şi este astfel aleasă, încît unităţile folosite în diferite ţări să nu difere ca valoare mai mult de +0,05% faţă de valoarea ei; de exemplu, caloria la 20°C este egală cu $1/1{,}0013\ cal_{IT}$. Convenţia asupra **c.** internaţionale este o convenţie asupra valorii numerice a echivalentului caloric al lucrului mecanic, care se admite, fără a mai fi necesară determinarea experimentală, ca fiind egal cu 860 cal/Wh.

$$1\ cal_{IT} = 4{,}1868\ [J].$$

În tehnică se folosesc, de obicei, unităţi de măsură care reprezintă multiplii **c.**: kilocaloria (kcal), numită uneori şi calorie mare; megacaloria (Mcal); gigacaloria (Gcal); terracaloria (Tcal): $1\ kcal = 10^3\ cal$; $1\ Mcal = 10^3\ kcal = 10^6\ cal$; $1\ Gcal = 10^3\ Mcal = 10^6\ kcal = 10^9\ cal$; $1\ Tcal = 10^3\ Gcal = 10\ Mcal = 10\ kcal = 10^{12}\ cal$; $1\ kcal_{IT} = 1/860\ kWh = 4{,}1868\ kJ = 26{,}97\ kgf \cdot m \approx 427 = 4 kfg \cdot m$.

În prezent, în locul **c.** şi multiplilor ei, se foloseşte unitatea de măsură a energiei din sistemul SI, joulul (J), împreună cu multiplii lui (kJ, MJ, GJ . . .) şi wattora (Wh).

CALORIFUG. Calitate a unui corp de a avea conductivitate termică redusă, ceea ce îl face apt pentru a fi folosit ca izolator termic. Materialele folosite pentru izolarea termică pot fi structural omogene sau eterogene (cu goluri). Printre materialele cu conductivitate termică redusă ($\lambda < 0{,}5\ W/m \cdot K$) se numără: aerul, pluta sub formă aglomerată sau de bucăţi, mătasea, ţesătura de in, vata de sticlă şi minerală, fibrolitul, textolitul, cartonul, pielea, placajul, lemnul, preşpanul, azbestul, azboadezitul, ghipsul: pietrişul, nisipul fin uscat, zgura măcinată, praful de cărbune, cărbunele, cocsul, parafina plexiglasul, celuloidul şi fibrele artificiale.

Materialele calorifuge pot fi clasificate în *materiale anorganice* (betoane foarte uşoare, produse ceramice cu goluri şi poroase, sticlă poroasă, vată de sticlă şi minerală, materiale granulare de umplutură), *materiale organice*, *materiale celulozice* — stufit (din stuf) şi solomit (din paie), plăci fibrolemnoase (PFL), simple sau melaminate (pentru umiditate ridicată), plăci aglomerate din aşchii de lemn (PAL), plăci de turbă, bulmitiz (rumeguş şi hîrtie de bitum), *materiale pe bază de plută* (simplă, granulată, expandată, bituminată), *materiale polimerizate* (pudra de cauciuc aglomerată, stiroporul, ampora, viniporul) şi *materiale mixte* (materiale vegetale cu lianţi anorganici şi materiale minerale cu lianţi organici).

Pentru izolarea calorifugă la temperaturi joase (instalaţii frigorifice, încăperi izoterme, conducte care transportă lichide la temperaturi scăzute) se folosesc: pluta granulată sau aglomerată, zgura, vata de sticlă şi minerală, turba, rumeguşul de lemn etc. Pentru izolarea termică la temperaturi medii (clădiri, nave, alte mijloace de transport) se folosesc: cărămizi poroase sau cu goluri, plăci de plută, zgură, vată de sticlă sau minerală, stufit, diferite materiale aglomerate. Pentru izolarea la temperaturi înalte (cazane de abur, conducte de apă caldă sau abur, boilere şi alte schimbătoare de căldură) se folosesc cărămizi de pămînt, de diatomit, azbest, zgură granulată, nisip, vată minerală, plută granulată sau aglomerată etc. Aceste materiale se utilizează şi pentru izolarea termică a diferitelor piese de maşini termice (rezervoare, conducte de apă, abur, ulei etc.) împotriva îngheţului.

CALORIMETRIE. Secţiune a termodinamicii, care are ca scop măsurarea variaţiilor de energie internă şi de entalpie, corespunzătoare unor transformări de stare a sistemului. Aceste date au o importanţă deosebită în termodinamică, deoarece permit stabilirea valorii cantităţii de căldură schimbate de sistem (sensibilă sau

Scanned with OKEN Scanner

latentă) şi calculul mărimilor derivate, al capacităţii calorice şi al entropiei. Transformările studiate prin metoda calorimetrică se referă la încălziri şi răciri sau la transformări de fază (ex. cristalizare, vaporizare etc.), la reacţii chimice endo sau exoterme etc. Pentru fiecare tip de transformare şi pentru fiecare corp corespunde o anumită căldură schimbată cu exteriorul, determinată de variaţia de energie internă sau de entalpie, după natura transformării. Se utilizează denumirile de: căldură de vaporizare, de absorbţie, de amestec, de reacţie (ex.: hidrogenare, polimerizare, ardere etc.). Este foarte important ca valorile acestor tipuri de căldură să fie cunoscute cu o precizie cît mai mare, pentru ca dimensionarea instalaţiilor industriale să fie cît mai corectă. De aceea, perfecţionarea continuă a metodei de determinare a lor a făcut ca, astăzi, ea să constituie o metodă de studiu a proprietăţilor materialelor şi substanţelor, corelată într-o mare măsură cu datele referitoare la structura moleculară.

În principiu, *calculele utilizate* în c. se pot reduce la două metode care se referă la scopul determinării (nu la construcţia şi funcţionarea calorimetrului).

a) În cazul în care este necesară determinarea variaţiei entalpiei corpului conţinut de calorimetru în funcţie de temperatură (care prin derivare în raport cu diferenţa de temperatură conduce la aflarea capacităţii calorice), se introduce din exterior în calorimetru o cantitate de căldură (de obicei o încălzire electrică controlată) şi se măsoară variaţia de temperatură a corpului între starea iniţială T_1 şi cea finală T_2 ($\Delta T = T_2 - T_1$), deci:

$$Q + W_{el} = \Delta H_{cal} = \Delta H_{sist} =$$

$$= (m_{cal} \cdot c_{cal} + m_{sist} \cdot c_{sist}) \Delta T,$$

unde: Q este căldura schimbată de calorimetru cu mediul ambiant [kJ]; W_{el} — energia electrică dată sistemului în intervalul de timp τ; $W_{el} = \int_0^{\tau} uI d\tau$ [kJ]; ΔH_{cal}, ΔH_{sist} — variaţia de entalpie a calorimetrului, respectiv a corpului (sistemului) din calorimetru, [kJ]; c_{cal}, c_{sist} — căldurile specifice medii în intervalul de temperatură T_1, T_2, pentru calorimetru, respectiv sistem [kJ/kg · K]; m_{cal}, m_{sist} — masa calorimetrului, respectiv a sistemului [kg]; ΔH_{cal} — echivalentul caloric al calorimetrului; u — tensiunea; I — intensitatea curentului.

b) În cazul în care experimentarea are ca scop determinarea variaţiei de entalpie ΔH (T) a sistemului ce suferă o transformare, care decurge în calorimetru la temperatură constantă (schimbare de fază, amestec, reacţii chimice etc.), se aplică ecuaţia primului principiu al termodinamicii sub forma:

$$Q - L_t = m_{cal} c_{cal} (T_2 - T_1) +$$

$$+ m_{sist} \cdot c_{sist \cdot initial} [(T - T_1 + \Delta H(T)] +$$

$$+ m_{sist} \cdot c_{sist \cdot final} (T_2 - T),$$

unde T este temperatura la care are loc transformarea (valoarea ei se menţine constantă în timpul transformării) [K], iar L_t — lucrul mecanic introdus în sistem de agitator [kJ]. Valoarea c_{cal} sau $\Delta H(T)$ se determină printr-o etalonare cu substanţe standard cu capacităţi calorice cunoscute sau cu sisteme în care au loc transformări cu variaţii de entalpie perfect definite. De exemplu, pentru reacţia de formare a apei (reacţia de ardere a hidrogenului) la $p = 760$ mm Hg şi 25°C, entalpia de formare este $\Delta H^r_{298} = -285{,}94$ J · mol^{-1} (H_2O lichid); pentru arderea acidului benzoic într-o bombă calorimetrică de 300 ml cu 1 cm^3 apă, rezultă $\Delta H^r_{298} = -3226{,}39$ kJ · mol^{-1}.

Referitor la erorile care influenţează precizia măsurătorilor se pot distinge două categorii: erorile referitoare la mărimile măsurate Q, L_t, T_1, T_2, c_{cal}, deci, în general, erori care influenţează precizia determinării calorimetrice propriu-zise şi referitoare la cantitatea de substanţă din sistem, tipul transformării studiate şi cantităţile de substanţă, prezenţa reacţiilor de mai multe feluri, deci, în general, erori referitoare la calculul variaţiilor de entalpie în condiţiile standard.

CALORIMETRU. Aparat de măsură a cantităţilor de căldură degajate sau absorbite de un corp ce suferă o transformare oarecare. Cu un c. pot fi măsurate: căldura sensibilă, latentă, de reacţie, specifică etc.

Într-un c., cantitatea de căldură de măsurat provoacă fie un schimb de masă în cantitatea de substanţă de referinţă (substanţă calorimetrică), fie schimbarea temperaturii ei. Deci, după fenomenul folosit la măsurarea cantităţilor de căldură, se deosebesc: c. cu variaţie de temperatură şi c. izoterme.

C. cu variaţie de temperatură este acel c. în care cantitatea de căldură de măsurat provoacă modificarea temperaturii substanţei calorimetrice. Măsurarea unei cantităţi de căldură cu un astfel de c. se bazează pe principiul bilanţului termic. Dacă se neglijează pierderile de căldură, cantitatea de căldură măsurată, Q, este:

$$Q = (M c + \Sigma m_i c_i)(\theta - t_1) \text{ [J]},$$

unde: M este masa substanţei calorimetrice, [kg]; c — căldura ei specifică [J/kg · K]; m_i, c_i — masa, respectiv căldura specifică a fiecăruia dintre elementele componente ale calori-

Scanned with OKEN Scanner

metrului; t_1 — temperatura inițială [°C]; θ — temperatura finală [°C].

Mărimea $\mu = \Sigma m_i \cdot c_i$ se numește *echivalentul în apă* al **c.**

În determinările de precizie, se ține seama și de pierderile de căldură spre exterior ale **c.**, în cursul măsurării. Aceste pierderi sînt datorate fie schimbului de căldură cu exteriorul, produs de variația temperaturii dispozitivului calorimetric, fie evaporării locale a unei părți din lichidul calorimetric în contact cu corpul cald introdus în el. Pierderile de căldură cu exteriorul pot fi determinate experimental prin observații asupra variației temperaturii substanței calorimetrice înainte și după ce aceasta a primit sau a cedat cantitatea de căldură de măsurat. Erorile experimentale sînt de același ordin de mărime, fie că se folosește un **c.** neizolat, fie unul adiabatic. Principalele tipuri de **c.** din această categorie sînt: **c.** adiabatic, **c.** Berthelot, **c.** Eucken, **c.** Hartley, **c.** Junkers, **c.** Magnus, **c.** Nernst, **c.** Rümelin.

C. izoterm este **c.** în care cantitatea de căldură dată provoacă schimbarea stării de agregare a substanței calorimetrice. Principalele tipuri din această categorie sînt: **c.** Bunsen și **c.** cu condensare de vapori.

În general, un **c.**, indiferent de tipul lui, cuprinde în principal: vasul calorimetric, substanța calorimetrică, termometrul și, eventual, piese accesorii (agitator pentru omogenizarea substanțelor calorimetrice).

CAMĂ. Organ de comandă a supapelor de admisie și evacuare, în cazul sistemului de distribuție al motoarelor cu ardere internă și a pistonului-sertar al pompelor de injecție, în cazul sistemului de injecție al motoarelor cu aprindere prin comprimare. (v. Arbore cu came; Sistem de distribuție; Sistem de injecție).

CAMERĂ DE ARDERE. Spațiu închis (total sau parțial) al mașinilor termice, în care se aprinde și arde amestecul aer-combustibil, în vederea transformării directe sau indirecte a entalpiei gazelor arse în lucru mecanic, sau a folosirii ca atare a căldurii obținute. **C. de a.** a motoarelor cu ardere internă este situată în interiorul acestora, iar a turbinelor cu gaze, în exterior; entalpia gazelor arse este transformată în lucru mecanic fie prin deplasarea unui piston, fie prin rotirea unui rotor cu palete. **C. de a.** a unui statoreactor este chiar motorul reactor, iar entalpia gazelor arse este folosită indirect prin intermediul energiei cinetice pentru crearea forței de reacție. **C. de a.** a unui generator de abur este focarul acestuia, iar entalpia gazelor arse este folosită pentru încălzirea și vaporizarea apei și supraîncălzirea vaporilor saturați. **C. de a.** a motorului cu piston cu mișcare alternativă de translație reprezintă volumul delimitat de chiulasa motorului, cilindru și capul pistonului, cînd acesta se află la punctul mort interior (P.M.I.). În cazul motoarelor cu pistoane opuse, **c. de a.** reprezintă volumul delimitat de cilindru și suprafețele frontale ale celor două pistoane, cînd acestea se află în P.M.I.

Volumul **c. de a.** se definește ca fiind spațiul minim pe care-l pot ocupa gazele care evoluează în cilindrul motorului și se calculează cu relația: $V_c = V_a/\varepsilon$, unde: V_a este volumul cilindrului ($V_a = V_v + V_c$); $V_a = \pi D^2 \cdot S$; (V_C = cilindreea motorului sau volumul dezvoltat în timpul cursei sale între P.M.I. și P.M.E.); $\varepsilon = V_a/V_c$ raportul de comprimare al motorului: S — cursa pistonului.

Volumul **c. de a.** este de cca 6—22 ori mai mic decît volumul cilindrului.

La motoarele cu aprindere prin scînteie, **c. de a.** se clasifică, în funcție de numărul de timpi (respectiv, în funcție de sistemul de distribuție).

La motoarele cu distribuție prin supape, **c. de a.** se clasifică, în funcție de modul de plasare al supapelor, în **c. de a.** în L și **c. de a.** în I.

C. de a. în L (fig. C.1 a) au supapele așezate lateral față de cilindru; acest tip de cameră conduce la o înălțime redusă a motorului și la simplificarea sistemului de comandă al mecanismului de distribuție. **C. de a.** în L prezintă rezistențe gazodinamice mari în calea curentului de gaze proaspete și, ca urmare, coeficienți de pierdere de presiune locală foarte mari.

C. de a. în I au supapele plasate în chiulasă (fig. C.1 b) și nu au dezavantajul camerelor în L, încărcătura proaspătă ajungînd în cilindru fără pierderi importante, mai ales la înclinarea supapelor și amplasarea **c. de a.** în chiulasă (fig. C.1 c), iar coeficientul de umplere al cilindrului este mult mai ridicat. Cu toate că mecanismul de distribuție este mai complicat, datorită performanțelor pe care le poate realiza atît în privința umplerii la turații ridicate, cît și cu privire la ardere; camerele în I reprezintă, în prezent, cel mai răspîndit tip de **c. de a.** a motoarelor cu aprindere prin scînteie.

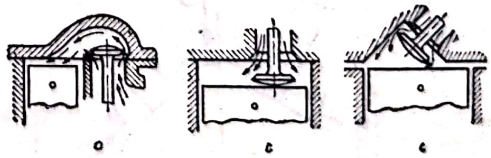


Fig. C.1. — Forme constructive de camere de ardere pentru motoare cu aprindere prin scînteie:
a — cameră de ardere în L; *b* — cameră de ardere în I; *c* — cameră de ardere în I, dispusă în chiulasă.

Caracteristica de bază a unei **c. de a.** este *arhitectura* acesteia. O arhitectură rațională constituie calea fundamentală pentru ridicarea eficienței arderii în motor. În acest sens,

Scanned with OKEN Scanner

una din proprietăţile principale ale **c. de a.** o constituie gradul în care amestecul este cuprins de frontul de flacără, în timp ce acesta se deplasează. Pentru reducerea drumului parcurs de frontul de flacără, se acţionează asupra formei **c. de a.** şi asupra poziţiei bujiei (la motoarele cu aprindere prin scînteie). În primul caz, se urmăreşte realizarea unei **c. de a.** compacte (ex.: camerele în I), iar în al doilea caz, modificînd locul de amplasare al bujiei, se acţionează direct asupra duratei procesului de ardere.

C. de a. semisferică are o mare compactitate (fig. C.2 b) în comparaţie cu camera de tip L (fig. C.2 c), de aceea viteza de creştere a presiunii este mai mare. Dacă se utilizează o cameră semisferică posedînd o dublă aprindere (fig. C.2 a), durata arderii scade substanţial, iar viteza de creştere a presiunii are valori ridicate. Dubla aprindere, deşi îmbunătăţeşte performanţele de ardere şi măreşte siguranţa în funcţionare, este mai costisitoare. **C. de a.** semisferică se realizează uşor la motoarele în doi timpi fără supape. La motoarele cu supape în cap. camera semisferică se transformă într-o **c. de a.** cu acoperiş (fig. C.3), care prezintă ca avantaj suplimentar, faţă de camera în I, posibilitatea de a mări sensibil diametrul supapelor, ceea ce influenţează pozitiv umplerea cilindrului.

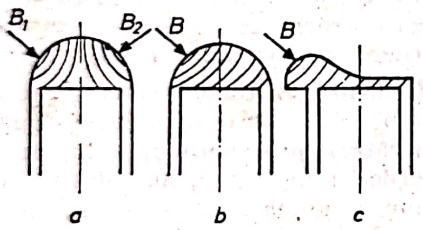


Fig. C.2. Deplasarea frontului de flacără în camerele de ardere pentru motoare cu aprindere prin scînteie:
a, *b* — camere de ardere în I; *c* — cameră de ardere în L; *B*, B_1 B_2 — bujii.

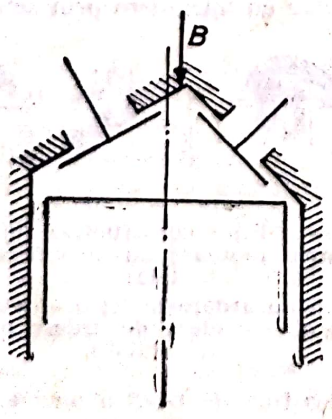


Fig. C.3. Cameră de ardere cu acoperiş:
B — bujie.

În vederea intensificării turbulenţei, în **c. de a.** se amenajează un spaţiu în care amestecul proaspăt este mai puternic comprimat (fig. C.4). Prin apropierea chiulasei de piston, în regiunea *p* (fig. C.4 a) se realizează un prag numit *prag de turbulenţă*, care obligă amestecul proaspăt de la periferia cilindrului să se deplaseze radial în timpul sfîrşitului cursei de comprimare, întrucît el este comprimat mai puternic decît amestecul central. Turbulenţa se realizează prin forme adecvate ale chiulasei sau ale pistonului (fig. C.4 b şi C.4 c).

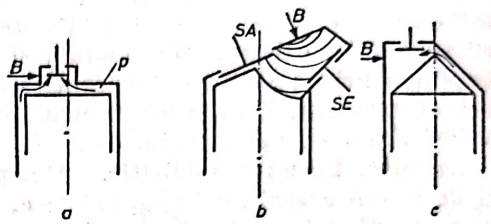


Fig. C.4. Camere de ardere cu turbulenţă:
a — prag de turbulenţă în chiulasă; *b*, *c* — turbulenţă realizată prin forme adecvate pistonului; *B* — bujie; *SA* — supapă de admisie; *SE* — supapă de evacuare; *p* — prag de turbulenţă.

La motorul diesel (cu aprindere prin comprimare) **c. de a.** se clasifică în două mari grupe: **c. de a.** nedivizate şi **c. de a.** divizate

C. de a. nedivizate, denumite şi camere **unitare** sau **cu injecţie directă,** sînt acele **c. de a.** care formează un compartiment unic, cuprins între chiulasă, capul pistonului şi pereţii cilindrului. Combustibilul se injectează direct în cilindru, de aici şi denumirea de camere cu injecţie directă. Pentru îmbunătăţirea amestecării aerului cu combustibilul injectat, la motoarele diesel (în special rapide) **c. de a.** se amenajează în piston, ceea ce permite formarea pragurilor de turbulenţă. În fig. C.5 sînt prezentate diferite forme ale **c. de a.** amenajate în piston. Profilarea toroidală a camerei (fig. C.5 a) beneficiază de o suprafaţă mărită a pragului de turbulenţă şi, deci, de o amplificare substanţială a mişcării radiale a gazelor.

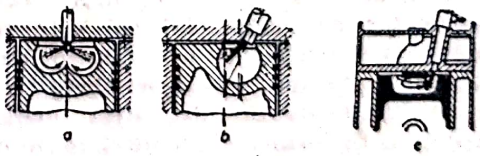


Fig. C.5. Forme constructive de camere de ardere unitare pentru motoare diesel, amplasate în piston.

La c. de a. divizate, jetul de combustibil nu este injectat în cilindru, ci în compartimentul separat al **c. de a.** Principial, în acest fel, se promovează îndeosebi faza arderii difuzive, datorită deplasării aerului şi combustibilului din camera separată în cilindru cu vi-

Scanned with OKEN Scanner

teze foarte mari, provocate de creşterea presiunii şi temperaturii în camera separată, prin arderea unei fracţiuni din combustibil.

C. de a. divizată, cu cameră separată de vîrtej este formată din două compartimente (fig. C.6 a): camera propriu-zisă *1*, dintre piston şi chiulasă şi camera separată de vîrtej *2* (camera turbionară) în care pătrunde injectorul *I*. Cele două compartimente comunică între ele printr-un canal *3*, care are, în general, forma unui ajutaj şi este dispus tangenţial la camera separată, care poate fi cilindrică, sferică (tip Comet — fig. C.6 b) sau aproximativ sferică. Volumul camerei separate de vîrtej reprezintă 50—80% din volumul total al **c. de a.** În cursa de comprimare, încărcătura proaspătă este împinsă de piston, prin canalul de legătură, în camera separată, unde apare un vîrtej. În camera cilindrică, mişcarea gazelor este rotaţională, cu o distribuţie aproximativ liniară a vitezelor (fig. C.6 a). O particularitate a camerei separate de vîrtej o constituie introducerea unei inserţii calde în cameră. În acest scop, partea superioară a camerei de vîrtej face corp comun cu chiulasa, iar partea inferioară este detaşabilă. Inserţia, alcătuită din materiale termorezistente, este în contact cu chiulasa numai pe o suprafaţă inelară, ceea ce frînează transferul de căldură spre chiulasă şi determină încălzirea ei (≈550°C). Pe această cale, se obţine o încălzire intensă a aerului care pătrunde în camera separată de vîrtej şi se produce încălzirea, vaporizarea şi oxidarea combustibilului, ceea ce reduce întîrzierea la autoaprindere. La motoarele cu cameră separată de vîrtej, evazarea pistonului (fig. C.6 b) permite creşterea economicităţii motorului, deoarece o fracţiune mai mare din doza de combustibil arde în cilindru.

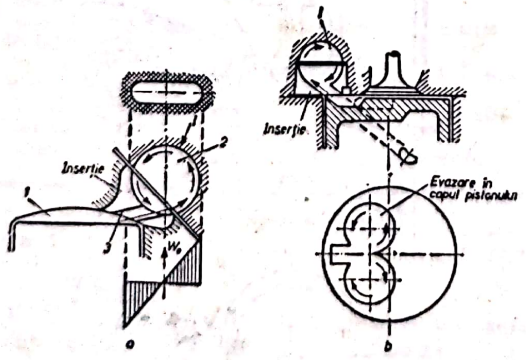


Fig. C.6. Camere de ardere divizate cu cameră separată de vîrtej:
1 — cameră de ardere principală; *2* — cameră separată de vîrtej; *3* — canal de legătură; *I* — injector.

C. de a. divizată, cu cameră separată de vîrtej şi cu injecţie directă este o cameră mixtă (fig. C.7), care conferă motorului atît calităţile **c. de a.** cu cameră separată de vîrtej, cît şi pe cele ale **c. de a.** cu injecţie directă. La această **c. de a.**, injectorul este astfel conceput, încît un jet de combustibil pătrunde în camera separată de vîrtej, iar al doilea în camera propriu-zisă.

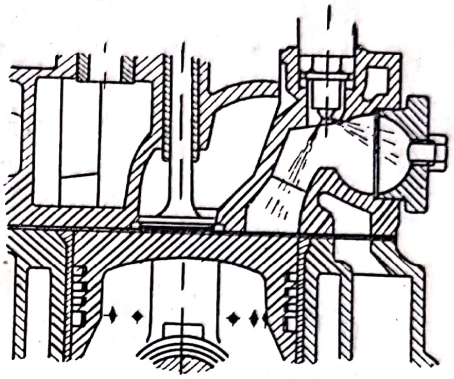


Fig. C.7. Cameră de ardere divizată cu cameră separată de vîrtej şi cu injecţie directă.

C. de a. divizată, cu cameră separată de preardere (antecameră) este, de asemenea, formată din două compartimente, şi anume: camera propriu-zisă *1*, dintre piston şi chiulasă (fig. C.8) şi camera separată de ardere *2*, numită şi antecameră, în care se montează injectorul. Legătura dintre antecameră şi camera de ardere propriu-zisă se realizează prin unul sau mai multe orificii, în general, de secţiune redusă. Uneori, orificiile de legătură se execută dintr-o piesă separată *3* (fig. C.8 a), numită pulverizator sau difuzorul camerei. Antecamera poate fi de formă cilindrică, tronconică sau sferoidală, volumul ei reprezentînd 25—40% din volumul total al **c. de a.** Aerul necesar arderii combustibilului injectat este furnizat prin deplasarea pistonului. Combustibilul ars în antecameră (datorită volumului relativ mic al acesteia determină o creştere importantă a presiunii şi temperaturii gazelor arse, ceea ce face ca diferenţa de presiune dintre **c. de a.** principală şi antecameră să fie mare. Aceasta determină curgerea combustibilului nears şi a gazelor arse fierbinţi cu viteză mare, prin orificiile de legătură, în **c. de a.** principală, ceea ce produce o nouă pulverizare şi o mai bună dispersare a picăturilor de combustibil nears. Acest fapt permite utilizarea unui injector cu un singur orificiu, care realizează un jet compact, cu penetraţie mare (fig. C.8 b). Faţă de axa cilindrului, antecamera se poate amplasa coaxial (fig. C.8 a), central cu o anumită înclinare (fig. C.8 b) sau lateral (fig. C.9).

C. de a. divizată, cu antecameră şi cameră de vîrtej este, de asemenea, o cameră mixtă în care predomină trăsăturile uneia din cele două tipuri de **c. de a.** Astfel, dacă la camera separată de preardere (fig.

Scanned with OKEN Scanner

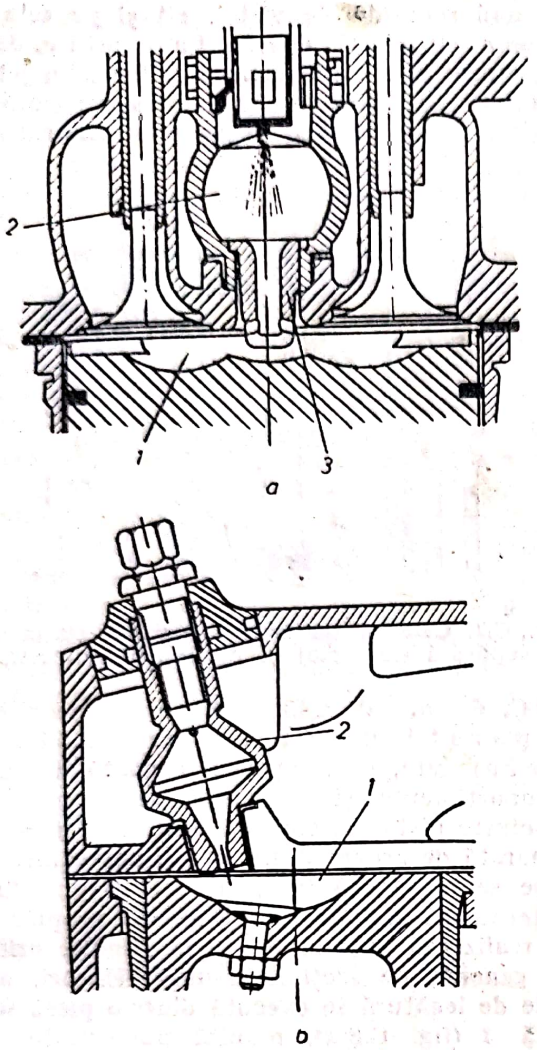


Fig. C.8. Camere de ardere divizate, cu cameră separată de preardere (antecameră):
1 — camera de ardere propriu-zisă;
2 — antecamera; *3* — difuzorul antecamerei.

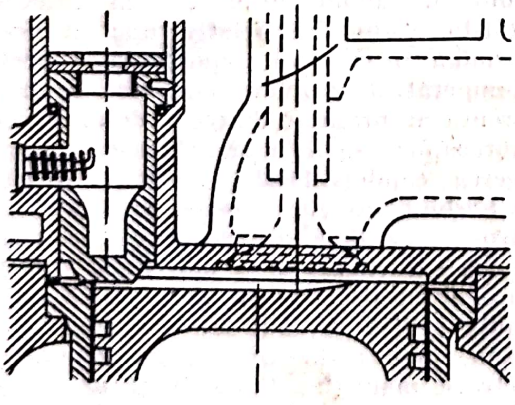


Fig. C.9. Cameră de ardere divizată cu antecameră dispusă lateral.

C.10 a) se modifică geometria (fig. C.10 b), se realizează o mișcare de vîrtej, care ușurează deplasarea jetului de combustibil spre orificiul de legătură. Dacă camera separată de vîrtej (fig. C.10 c) se aplatizează, atunci mișcarea de

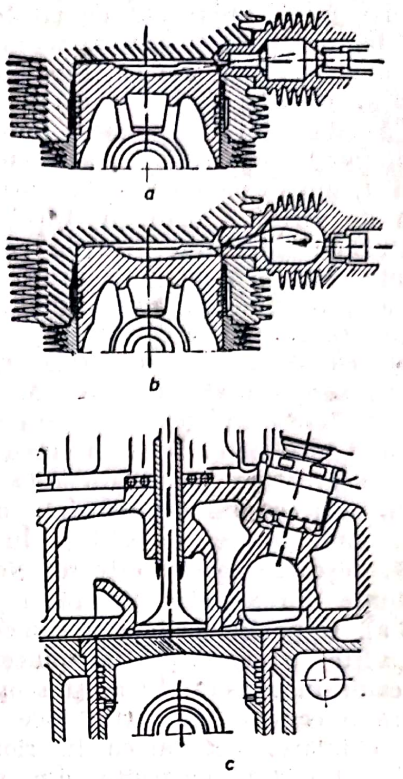


Fig. C.10. Forme constructive de camere de ardere divizate, cu antecameră și cameră separată de vîrtej.

vîrtej se amortizează, iar dacă canalul de legătură cu camera principală ia forma unui orificiu îngust, atunci pulverizarea suplimentară a combustibilului va fi mult mai bună.

C. de a. divizată, cu cameră separată de rezervă de aer este formată din **c. de a.** propriu-zisă *a* (fig. C.11)

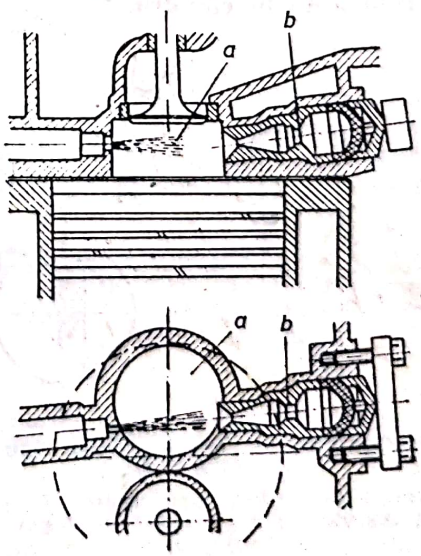


Fig. C.11. Cameră de ardere divizată, cu cameră separată de rezervă de aer:
a — camera de ardere propriu-zisă;
b — cameră separată de rezervă de aer.

și camera separată de rezervă de aer *b* cu care comunică printr-un canal larg. Injectorul este montat în camera principală *a*, iar jetul de combustibil este orientat spre camera separată *b*. Jetul de combustibil se aprinde la intrarea în camera separată, iar creșterea de presiune și temperatură determină expulzarea aerului cu mare viteză împotriva jetului de combustibil cu care se amestecă.

Întrucît particularitățile funcționale ale **c. de a.** ale motorului diesel influențează sensibil valoarea indicilor de perfecțiune ai motorului, în tabelul C.2 este prezentată o comparație între principalii indici de perfecțiune, pentru **c. de a.** analizate.

Tabelul C.2

Dependența indicilor de perfecțiune ai motorului cu aprindere prin comprimare

Indicele de comparație	Cameră unitară	Cameră separată de vîrtej	Antecameră
1. Economicitatea	foarte mare	medie	redusă
2. Dependența de turație	foarte mare	redusă	neînsemnată
3. Calitatea mersului	violentă	liniștită	foarte liniștită
4. Ancombramentul și greutatea motorului	ridicate	medii	medii
5. Puterea litrică	mică	ridicată	ridicată
6. Pornirea	ușoară	grea	foarte grea
7. Sistemul de injecție	complicat	simplu	foarte simplu
8. Calitatea combustibilului	superioară	medie	inferioară
9. Elasticitatea* în funcționare	redusă	medie	ridicată
10. Intensitatea emisiunilor nocive	ridicată	medie	medie
11. Durabilitatea	redusă	ridicată	ridicată
12. Prețul de cost	ridicat	mediu	mediu
13. Cheltuieli de exploatare	ridicate	reduse	reduse

* Elasticitatea în funcționare reprezintă ușurința cu care motorul trece de la un regim de sarcină și turație la altul.

C. de a. în chiulasă se utilizează **la motoarele cu cap incandescent** (motoare semidiesel), unde comunicația cu cilindrul se realizează printr-un orificiu de secțiune relativ redusă. Jetul de combustibil lichid ce iese din injector este dirijat spre porțiunea din **c. de a.**, unde chiulasa se închide cu o calotă metalică nerăcită, numită cap incandescent. În timpul funcționării motorului, pereții capului incandescent, în contact cu gazele fierbinți, se încălzesc la o temperatură de 350—500°C, ceea ce determină creșterea temperaturii aerului din **c. de a.** astfel, încît la sfîrșitul procesului de comprimare se poate atinge temperatura de autoaprindere a combustibilului injectat, chiar dacă presiunea aerului din **c. de a.** la sfîrșitul comprimării este de numai 15—16 bar. La pornire, capul incandescent se încălzește din exterior, de exemplu cu o lampă cu benzină. În fig. C.12 este prezentată construcția **c. de a.** a unui motor cu cap incandescent.

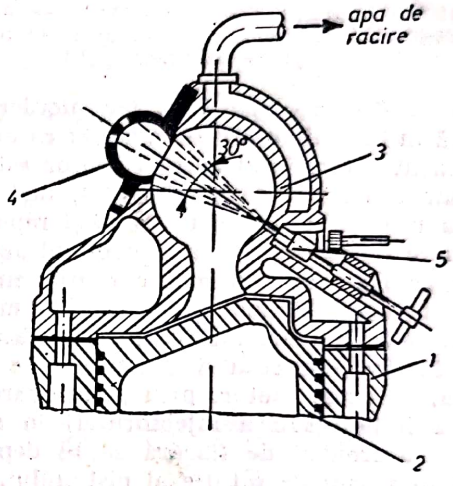


Fig. C.12. Cameră de ardere în chiulasă pentru motor cu cap incandescent:
1 — cilindru; *2* — piston; *3* — chiulasă; *4* — cap incandescent; *5* — injector.

C. de a. a motorului cu piston rotativ de tip Wankel reprezintă spațiul delimitat de suprafața laterală a fiecărei laturi a pistonului rotativ (fig. C.13), carcasa motorului (statorul) și segmenții radiali de pe două muchii alăturate ale pistonului rotativ, în poziția acestuia

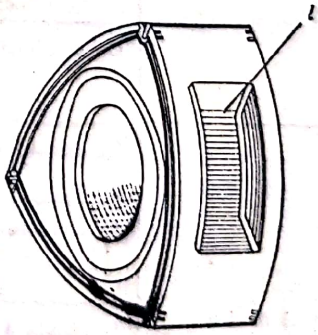


Fig. C.13. Piston rotativ de tip Wankel, conținînd parțial camera de ardere:
1 — cameră de ardere.

(fig. C.14) corespunzătoare momentului aprinderii amestecului. Arhitectura **c. de a.** a motorului cu piston rotativ este inferioară calitativ celei a motorului cu piston cu mișcare alternativă de translație, ceea ce face ca procesul de

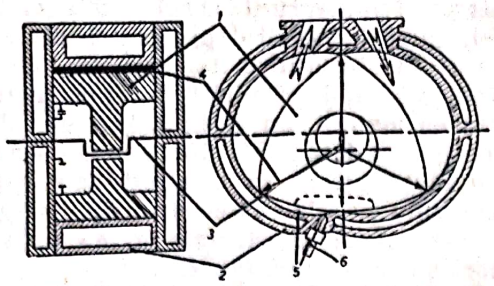


Fig. C.14. Secțiune transversală printr-un motor de tip Wankel:
1 — piston rotativ; *2* — carcasă; *3* — arbore; *4* — segmenți radiali; *5* — cameră de ardere; *6* — bujie.

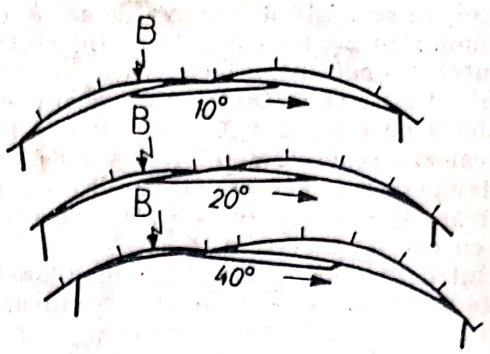


Fig. C.15. Plasarea bujiei în raport cu camera de ardere a motorului tip Wankel:
B — bujie.

ardere să decurgă mai lent, iar pierderile de căldură în timpul arderii să crească; ca urmare, randamentul termic al acestui motor este mai mic, iar consumul de combustibil, mai mare. Tot ca urmare a formei **c. de a.** și raportului mai mare dintre suprafața și volumul acesteia, gazele arse ale acestui motor conțin emisiuni nocive în cantități mai mari decît la motorul cu piston cu mișcare alternativă de translație. Îmbunătățirea procesului de ardere se poate asigura, la acest motor, prin poziționarea corectă a bujiei (sau a injectorului) în stator. Pentru ca frontul de flacără să se deplaseze numai în sensul de rotație al pistonului, bujia se plasează în avans față de axa mică a statorului (fig. C.15).

C. de a. pentru turbinele cu gaze trebuie să îndeplinească următoarele condiții: aprindere sigură și simplă a combustibilului, ardere cu flacără scurtă și stabilă pe întreg domeniul de utilizare, răcire corespunzătoare a tuturor părților ei componente, rezistență aerodinamică redusă, randament ridicat și dimensiuni reduse. Clasificarea **c. de a.** a turbinelor cu gaze este prezentată în tabelul C.3.

La **c. de a.** în echicurent (fig. C.16), combustibilul este introdus printr-un injector în cazul combustibililor lichizi, sau arzător, în cazul celor gazoși sau solizi pulverizați, iar aerul de ardere este turbionat pentru realizarea unui amestec aer-combustibil cît mai

Tabelul C.3

Clasificarea camerelor de ardere pentru turbine cu gaze

Criteriul de clasificare	Tipul de cameră	Particularități
Felul combustibilului	Cu combustibil lichid	Combustibilul este pulverizat în camera de ardere prin injectoare
	Cu combustibil gazos	Camera de ardere este echipată cu arzătoare de combustibil gazos
	Cu combustibil solid pulverizat	Particulele de combustibil praf pătrund în camera de ardere, în suspensie, într-un curent de aer
Direcția și sensul de introducere a aerului și combustibilului	În echicurent	Aerul și combustibilul se introduc în camera de ardere în direcție axială și în același sens
	În contracurent	Circulația aerului în secțiunea inelară dintre tubul central și manta se face în direcție axială și în sens invers față de gazele arse
	Unghiulară	Aerul este introdus perpendicular pe direcția de mișcare a gazelor arse; se asigură o amestecare mai bună a aerului cu combustibilul
	Ciclon	Îmbunătățirea amestecării aerului cu combustibilul se realizează prin introducerea tangențială a aerului în camera de ardere
	Individuală	Camera de ardere este tubulară
Realizarea constructivă	Inelară	Arderea are loc în spațiul inelar dintre tubul central și manta

omogen. Volumul **c. de a.** se alege din condiția ca viteza de deplasare a gazelor să fie inferioară celei de propagare a flăcării. În fig. C.17 se prezintă o **c. de a.** verticală în contracurent, iar în fig. C.18 o **c. de a.** ciclon. În scopul obținerii unui amestec corespunzător și al unei arderi uniforme și stabile, **c. de a.** pentru combustibili lichizi se pot realiza de tipul celor cu vaporizare prealabilă arderii combustibilului. În fig. C.19 se prezintă o **c. de a.** destinată utilizării prafului de cărbune. Aceste camere sînt urmate de baterii multiciclon pentru reținerea cenușii, în scopul protecției paletelor turbinei.

C. de a. pentru motoare le cu reacție este de formă tubulară sau inelară. În **c. de a.**, combustibilul arde continuu, iar entalpia gazelor arse este folosită indirect, și anume: prin efectul de reacțiune la statoreactoare (fig. C.20 a), sau la rachete (fig. C.20 b); prin

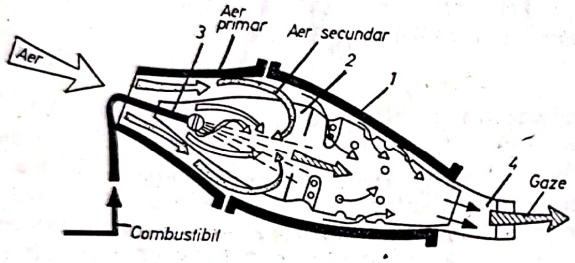


Fig. C.16. Cameră de ardere în echicurent, pentru turbine cu gaze:
1 — manta; *2* — tub de flacără; *3* — injector; *4* — palete directoare de gaze.

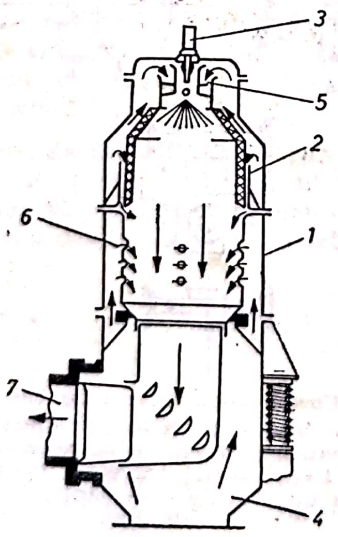


Fig. C.17. Cameră de ardere verticală, în contracurent, pentru turbine cu gaze:
1 — manta exterioară; *2* — tub din material refractar; *3* — injector; *4* — racord pentru admisia aerului; *5* — palete directoare pentru aer primar; *6* — orificii pentru intrarea aerului secundar; *7* — racord pentru evacuarea gazelor arse.

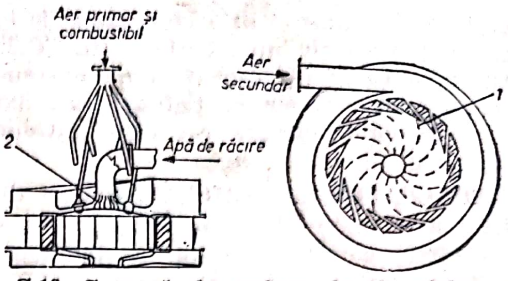


Fig. C.18. Cameră de ardere de tip ciclon pentru turbine cu gaze:
1 — palete directoare; *2* — nervuri de răcire.

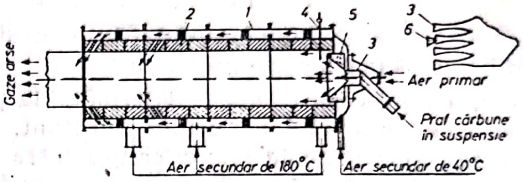


Fig. C.19. Cameră de ardere pentru combustibil solid:
1 — manta exterioară; *2* — izolație din material refractar; *3* — rețea de ajutaje pentru particule de combustibil pulverizat; *4* — sursă de aprindere; *5* — izolație din material refractar; *6* — injector auxiliar de combustibil lichid pentru amorsarea arderii.

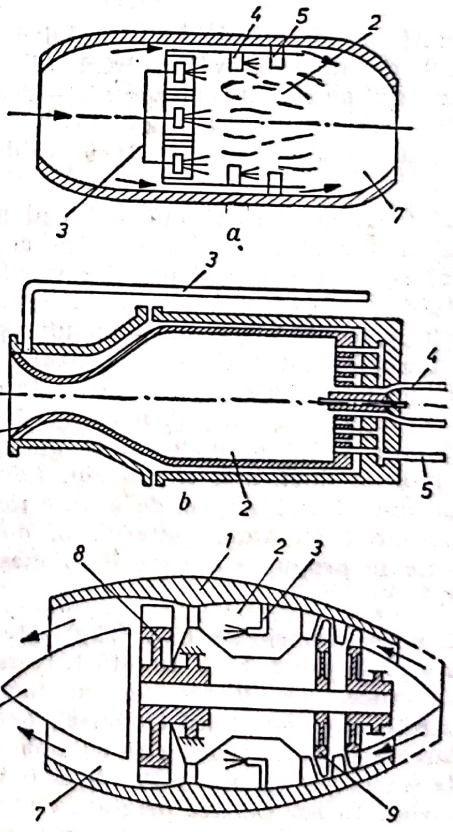


Fig. C.20. Cameră de ardere pentru motoare cu reacție:
a — statoreactor; *b* — rachetă; *c* — turboreactor; *1* — difuzor; *2* — cameră de ardere; *3* — conductă de combustibil pentru injectorul de serviciu; *4* — conductă de combustibil pentru injectorul de pornire; *5* — bujie de pornire; *6* — conductă de aer; *7* — ajutaj de reacție; *8* — turbină cu gaze; *9* — compresor; *10* — con de reglare.

Scanned with OKEN Scanner

efectul de reacțiune și prin efectuarea de lucru mecanic la arborele unei turbine (fig. C.20 c), la turboreactoare (la care turbina antrenează un compresor de aer centrifugal sau axial), sau la turbopropulsoare (la care antrenează compresorul de aer și elicea).

CAPACITATE CALORIFICĂ. Raport dintre cantitatea de căldură Q primită de un corp și creșterea corespunzătoare a temperaturii (T_2-T_1):

$$C=\frac{Q}{T_2-T_1}\ [\mathrm{J/K}].$$

Ea se mai poate defini ca produsul între căldura specifică c și masa corpului m: $C=m\cdot c$.

C.c. a unui corp se poate determina la presiune constantă sau la volum constant. În cazul solidelor și lichidelor, diferența între **c.c.** la presiune constantă și cea la volum constant este neglijabilă. Legătura dintre **c.c.** la presiune constantă, C_p și **c.c.** la volum constant, C_v este dată de relația:

$$C_p-C_v=M\frac{T\cdot\alpha^2}{\beta\cdot\rho},$$

unde: M este masa molară a corpului; α — coeficientul de dilatare volumetrică al lui; β — coeficientul de compresibilitate; ρ — densitatea. Pentru gaze, cele două **c.c.** sînt legate prin relații asemănătoare celor de la călduri specifice.

CAP DE CRUCE. Organ mobil al mecanismului motor al mașinilor termice cu piston, cuplat rigid cu pistonul prin intermediul tijei acestuia, care execută mișcarea alternativă de translație, identică cu cea a pistonului și transmite bielei forța de presiune a agentului de lucru din cilindru (gaze arse, la motoarele termice; abur, la mașinile cu abur). **C. de c.** (fig. C.21) preia reacțiunea forței normale N și ghidează piciorul bielei după axa cilindrului. Construcția mecanismului motor cu **c. de c.** este răspîndită la motoarele cu ardere internă în doi timpi, utilizate în propulsie navală și la mașinile cu abur.

C. de c. propriu-zis (fig. C.22) este format dintr-o piesă prismatică, numită traversa capului de cruce, care se prevede cu două fusuri prelucrate din materialul traversei, pentru articularea cu piciorul bielei și cu una sau mai multe sănii, care preiau forța N și o transmit glisierelor. În fig. C.22 se prezintă cîteva tipuri constructive de **c. de c.** La construcția din fig. C.22 b, patinele sînt de formă cilindrică, montate coaxial cu cilindrul. Această construcție prezintă avantajul unei execuții și centrări ușoare, însă accesul la **c. de c.** este dificil. Construcția din fig. C.22 a are o singură glisieră, iar patina are suprafață plană. Accesul la **c. de c.** este ușor, însă trebuie evitată desprinderea saniei de glisieră, atunci cînd forța N își schimbă sensul (de exemplu, la inversarea sensului de mars în cazul motoarelor navale). Aceasta se asigură prin îmbinarea saniei cu glisiera (îmbinarea în formă de coadă de rîndunică sau cu piese profilate înșurubate pe

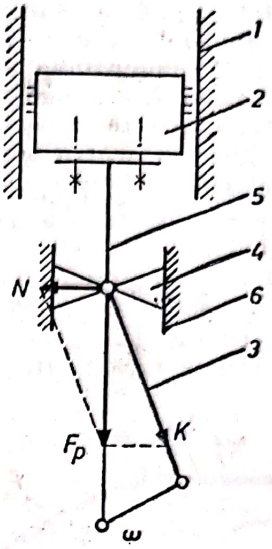


Fig. C.21. Mecanism bielă-manivelă cu cap de cruce: *1* — cilindru; *2* — piston; *3* — bielă; *4* — cap de cruce; *5* — tija pistonului; *6* — glisiera capului de cruce.

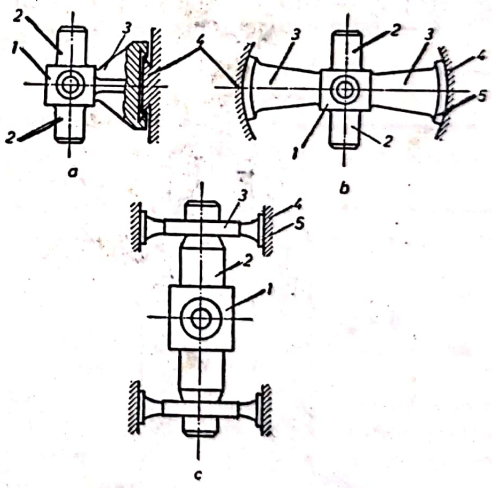


Fig. C.22. Forme constructive de cap de cruce: *a* — cu o glisieră; *b* — cu două glisiere; *c* — cu patru glisiere; *1* — traversa capului de cruce; *2* — fusurile traversei (axul sau bolțul capului de cruce); *3* — sănii; *4* — glisiere; *5* — patine.

glisieră). Construcția din fig. C.22 c are două sănii articulate la extremitățile axului **c. de c.** și patru glisiere. Accesul la **c. de c.** este foarte ușor, în schimb sînt necesare operații mai complicate de montaj, iar mecanismul motor devine mai dificil. Traversa **c. de c.** este solicitată la întindere și compresiune de către forța F care acționează în lungul axei cilindrului (forța de presiune și forța de inerție)

Scanned with OKEN Scanner

și la încovoiere, de către momentele produse de forțele F și N și de forța de inerție a saniei. Fusurile traversei sînt supuse uzurii. Glisierele sînt solicitate de forța N, care produce uzura lor, iar patinele sînt supuse la uzură și la încovoiere (în secțiunea de racordare la sanie) de către momentul forței N și momentul forței de inerție al saniei. Presiunea specifică pe fusurile traversei este 90—120 bar pentru mașini lente și 120—200 bar pentru mașini rapide. Presiunea specifică pe glisieră este 2—8 bar pentru mașini lente și 5—12 bar pentru mașini rapide. Din acest motiv, fusurile traversei și patinele se ung sub presiune, iar patinele sînt acoperite, pe suprafața de alunecare, cu material antifricțiune pe bază de staniu. **C. de c.** se execută din oțel cu rezistența la rupere de 70—80 daN/mm². Traversa se execută, prin forjare, din oțel aliat (cu Mo, Cr), iar sania și patinele prin turnare, din oțel carbon. Corpul glisierei este realizat din plăci de fontă; în exterior, glisiera este nervurată și transversal.

CARACTERISTICĂ. Variație a parametrilor și datelor tehnice utilizate pentru aprecierea și determinarea capacității, calității și eficienței unui sistem tehnic (mașină, instalație, aparat etc.). Noțiunea de **c.** include și reprezentarea grafică, sau expresia analitică a interdependenței dintre anumite mărimi importante ale unui sistem fizico-chimic sau tehnic, în condiții date de funcționare.

Unele din cele mai utilizate **c.** ale instalațiilor și mașinilor termice sînt următoarele: **c.** rețelei de aer, **c.** conductelor de apă, **c.** locomotivelor, **c.** motoarelor cu ardere internă, **c.** pompelor de injecție, **c.** jicloarelor și **c.** compresoarelor.

C. rețelei de aer este curba care reprezintă pierderile de presiune în circulația aerului într-o conductă (cu diametrul mare), în funcție de viteza sau debitul aerului. Se determină din relația:

$$\Delta p = \frac{0{,}8\,Lw^2}{D} = \frac{0{,}8\,LQ^2}{D^5} \cdot \frac{16 \cdot 10^{12}}{\pi^2} \quad [\text{mm H}_2\text{O}],$$

în care: L [m] este lungimea rețelei; D [mm] — diametrul conductei; Q [m³/s] — debitul de aer; w [m/s] — viteza de curgere a aerului. În cazul unei conducte de aer comprimat, **c.** se determină din relația:

$$\Delta p = \frac{\beta \cdot \rho \cdot L \cdot w^2}{D} \quad [\text{N/m}^2],$$

în care β este coeficientul de debit.

C. conductelor de apă (a unei rețele de apă) este curba care exprimă relația dintre pierderile de presiune și debit la circulația apei printr-o conductă. Pierderile de presiune se determină din relația:

$$\Delta p = 0{,}002 \frac{lQ^2\rho}{D^5} = 0{,}024 \frac{lw^2}{2D}\rho =$$

$$= 0{,}00123 \frac{lw^2\rho}{D} \quad [\text{mm H}_2\text{O}]$$

în care: l [m] este lungimea conductei; Q [kg/h] — debitul de apă; w [m/s] — viteza; ρ [kg/m³] — densitatea; D [m] — diametrul conductei.

C. locomotivelor. Pentru locomotivele acționate de mașini termice, în raport cu tipul locomotivei, pot fi definite următoarele **c.**:

— pentru locomotivele cu abur: caracteristicile cazanului (presiunea aburului, suprafața totală de încălzire, combustibilul utilizat), numărul și diametrul cilindrilor, sistemul de distribuție etc., în funcție de un parametru principal al ei;

— pentru locomotivele acționate de motoare diesel: tipul motorului și sistemul de transmisie (electrică, hidraulică, mecanică);

— pentru locomotivele acționate de turbine cu gaze: tipul compresorului, al camerei de ardere (combustibilul utilizat), numărul de turbine și tipul turbinelor.

C. motoarelor cu ardere internă sînt reprezentări grafice ale variațiilor unor mărimi și indici reprezentativi ai motoarelor (puterea, momentul motor, consumul de combustibil etc.), în funcție de un anumit factor principal (sarcina, turația etc.), considerat ca variabilă independentă. **C.** se determină experimental, cu motorul instalat pe standul de probe. Cunoașterea **c.** unui motor este necesară pentru aprecierea calităților sale, pentru stabilirea comportării în funcționare și pentru comparare cu alte motoare cu performanțe asemănătoare. Principalele **c.** ale motoarelor cu ardere internă sînt următoarele:

C. de turație este curba de variație a puterii efective a motorului P_e [CP] în funcție de turația n [rot/min] (Fig. C.23). **C. de**

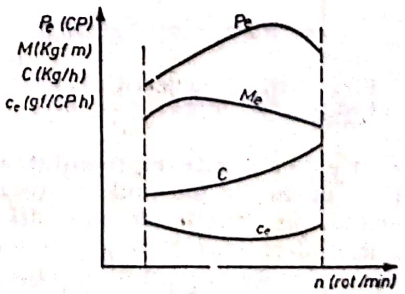


Fig. C.23. Caracteristică de turație, la sarcină totală, pentru motoare cu ardere internă.

turație la sarcina totală se determină în condițiile în care echipamentul de alimentare cu combustibil asigură debitarea maximă (obturatorul carburatorului complet deschis, în cazul motoarelor cu aprindere prin scînteie, respectiv cremaliera pompei de injecție în poziția de debit maxim, în cazul motoarelor diesel). Această **c.** reprezintă succesiunea punctelor de putere intermediară la toate turațiile considerate. De aceea, ea mai poartă numele de **c.** *puterii* intermitente; uneori, este denumită **c.** *exterioară*. **C.** de turație la sarcină totală conține, în afară de curba de variație a puterii, și curbele de variație ale momentului motor efectiv M_e [kgfm], ale consumului orar de combustibil C_h [kg/h] și ale consumului specific de combustibil c_e [g/CP · h] (fig. C.23), permițînd astfel determinarea variației economicității motorului în funcție de turație. **C.** *de turație la sarcini parțiale* reprezintă variația puterii efective a motorului în funcție de turație, corespunzător blocării organului de alimentare cu combustibil în diferite poziții de debitare parțială a combustibilului. Sarcinile parțiale sînt fixate, în general, la 25 %, 50 % și 75 % din sarcina nominală (fig. C.24). **C.** *de turație la sarcină nulă* se determină prin decuplarea motorului de frînă și măsurarea consumului orar de combustibil în funcție de turație (fig. C.25). Această **c.** mai poartă numele de **c.** *de turație la mersul în gol*.

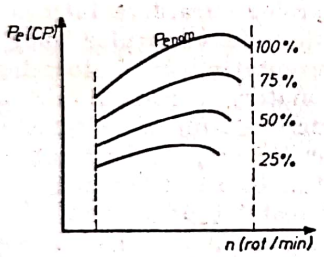


Fig. C.24. Caracteristică de turație la sarcini parțiale.

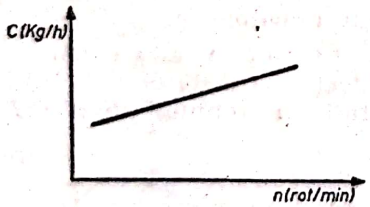


Fig. C.25. Caracteristică de turație la mersul în gol.

C. de reglaj este reprezentarea curbei de variație a uneia din mărimile reprezentative ale motorului, în funcție de anumiți factori (avans la aprindere, dozaj etc.), denumiți factori de reglaj. Aceste **c.** permit stabilirea reglajelor optime, privind economicitatea și puterea, fiind specifice încercărilor pentru punerea la punct a unui motor nou.

C. de consum de combustibil reprezintă variația puterii efective și a consumului specific de combustibil, în funcție de consumul orar de combustibil, la turație constantă (fig. C.26).

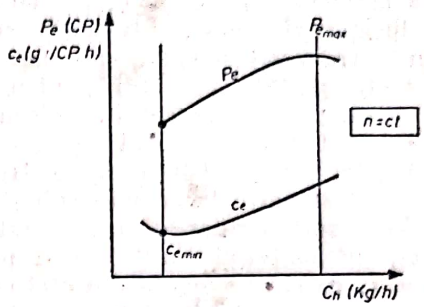


Fig. C.26. Caracteristică de consum de combustibil.

C. de avans la aprindere (pentru motoarele cu aprindere prin scînteie) reprezintă variația puterii efective și a consumului specific de combustibil în funcție de avansul β (măsurat în grade rotații arbore cotit), la declanșarea scînteii electrice înainte de punctul mort. **C.** se ridică la turație constantă și la deschiderea obturatorului constantă. Avansul la care se obține puterea maximă și, respectiv, consumul specific minim se numește *avans optim*.

C. de avans la injecție (pentru motoarele cu aprindere prin comprimare) reprezintă variația puterii efective și a consumului specific de combustibil, în funcție de avansul la injecția combustibilului înainte de punctul mort interior, la turație constantă și la o cantitate constantă de combustibil injectat (poziție constantă a cremalierei pompei de injecție). **C.** este similară **c.** de avans la producerea scînteii electrice (fig. C.27).

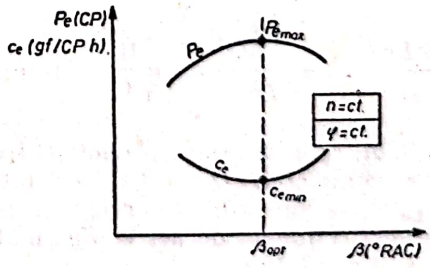


Fig. C.27. Caracteristică de avans la injecție pentru motoare diesel.

C. de sarcină reprezintă variația consumului orar de combustibil și a consumului specific de combustibil în funcție de puterea efectivă a motorului. **C.** de sarcină se ridică la turație constantă prin variația pozi-

ției organului de reglaj al alimentării cu combustibil.

În fig. C.28 este reprezentată c. de sarcină a unui motor cu aprindere prin scînteie.

C. de regulator se determină pentru toate mașinile termice echipate cu regulator de turație și reprezintă variația unora din mărimile și indicii caracteristici ai mașinii (putere efectivă, moment motor efectiv, consum specific de combustibil), în funcție de turație, în domeniul de acțiune a regulatorului, între turațiile maximă din punctul de vedere funcțional (n_{max}) și limită (n_{lim}), din punctul de vedere al siguranței (fig. C.29).

C. complexă este reprezentarea grafică a interdependenței mai multor mărimi caracteristice ale motorului. În general, aceste c. sînt diagrame de dependență a unei mărimi caracteristice (de exemplu, puterea efectivă) de un factor (de exemplu, turația), completat cu rețele de curbe izoparametrice pentru valori identice ale unor mărimi caracteristice (de exemplu, consumul specific de combustibil). În fig. C.30 este prezentată c. complexă a unui motor diesel de tracțiune feroviară.

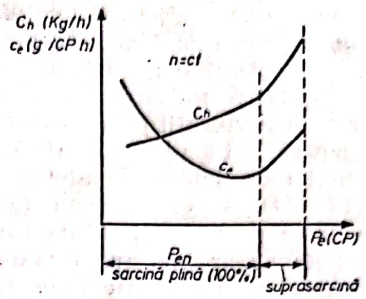


Fig. C.28. Caracteristică de sarcină pentru motoare cu aprindere prin scînteie.

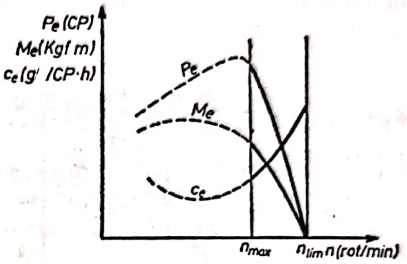


Fig. C.29. Caracteristică de regulator.

C. pompei de injecție a unui motor diesel reprezintă curba de dependență a debitului de combustibil livrat de pompă, în funcție de turația arborelui pompei de injecție.

C. jiclorului este reprezentarea grafică a variației debitului de combustibil livrat de jiclorul carburatorului unui motor cu aprindere prin scînteie, în funcție de turația motorului.

C. compresorului, denumită și **c. normală de debit** este diagrama care exprimă variația gradului de comprimare, respectiv a gradului de creștere a presiunii în compresor (π_c), în funcție de debitul de gaz refulat de compresor (G_c). În fig. C.31 este prezentată caracteristica normală de debit a unui compresor centrifugal, $\pi_c = f(G_c)$, pentru diferite turații ale lui (n_{c_2}, n_{c_1}, ...). Pentru o anumită turație, puterea consumată de compresor crește cu debitul refulat, în timp ce π_c crește pînă la un maxim corespunzător unui debit optim, micșorîndu-se odată cu creșterea în continuare a debitului. Linia punctelor de presiune maximă

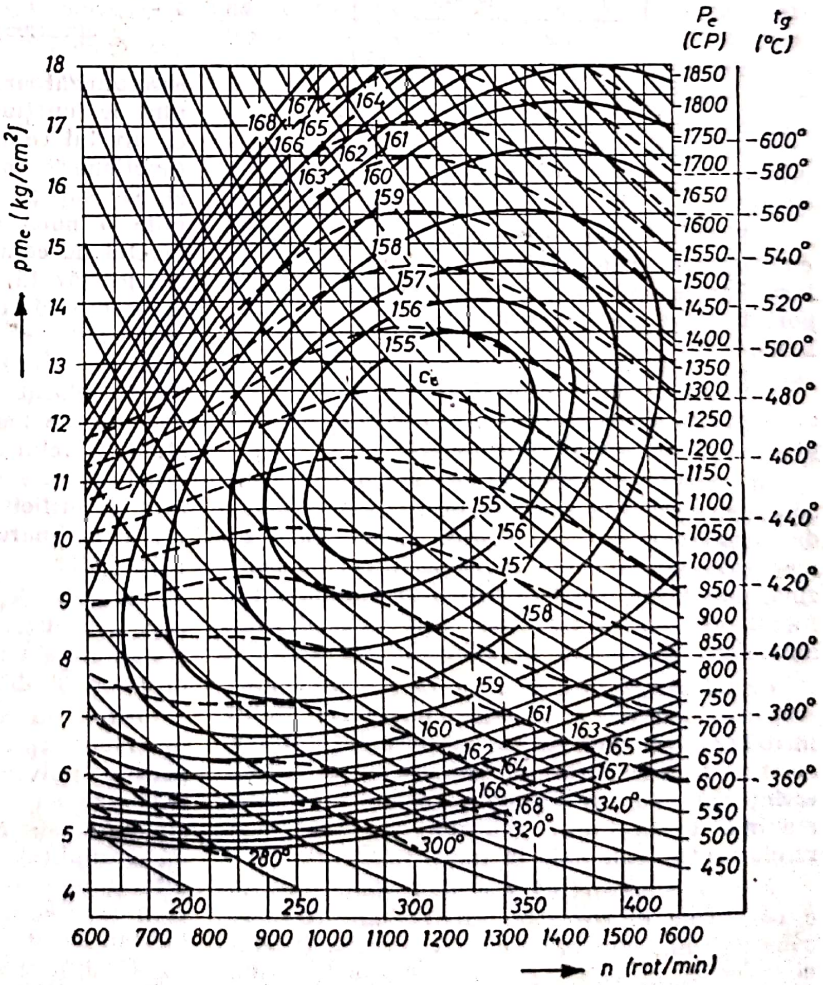


Fig. C.30. Caracteristică complexă pentru un motor diesel cu tracțiune feroviară.

împarte curba caracteristică în două zone: zona stabilă (corespunzătoare debitelor mai mari decît cel optim) și zona labilă, caracterizată prin mișcarea pulsatorie a fluidului în compresor și prin vibrații puternice (fenomenul denumit pompaj). Locul geometric al punctelor de funcționare labilă se numește *linie de pompaj* (*II—II*), separînd zona funcționării stabile de zona de pompaj. Linia care unește punctele regimurilor de funcționare stabilă ale compresorului se numește *linia de funcționare* sau c. *de exploatare* a compresorului. În practică, se urmărește ca linia de funcționare (*I—I*) să treacă prin zona randamentelor maxime.

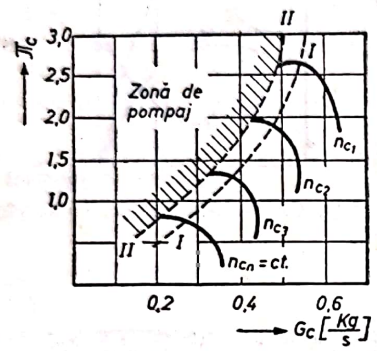


Fig. C.31. Caracteristica normală de debit pentru un compresor.

CARBURATOR. Ansamblu al unui motor cu aprindere prin scînteie, care are rolul de a forma amestecul carburant aer-benzină în proporțiile cele mai favorabile pentru o ardere bună.

Carburația este procedeul de formare a amestecului gazos dintre aer și benzină, necesar procesului de ardere din motor.

În cazul motoarelor cu aprindere prin scînteie, instalația de alimentare este formată din următoarele componente: c. în care se realizează amestecul gazos; rezervorul de benzină, pompa de benzină, filtrul de combustibil, filtrul de aer; conductele care repartizează amestecul carburant în cilindri.

Principala cerință a c. este aceea de a produce un amestec cît mai omogen și stabil între aer și benzină, de a menține omogenitatea acestui amestec, ținînd seama de diferitele cerințe ale motorului, de a asigura puterea maximă la regimuri ridicate de turație și randamentul economic la mersul normal.

Forma constructivă cea mai simplă de c. o constituie c. *elementar* (fig. C.32), care se compune din: camera de nivel constant, camera de amestec și tubul portjiclor, care conține o piesă cu un orificiu calibrat ce dozează combustibilul și se numește jiclor.

Camera de nivel constant reprezintă rezervorul propriu de combustibil al c. și asigură debitul necesar de combustibil, în funcție de sarcina și turația motorului, prin deschiderea

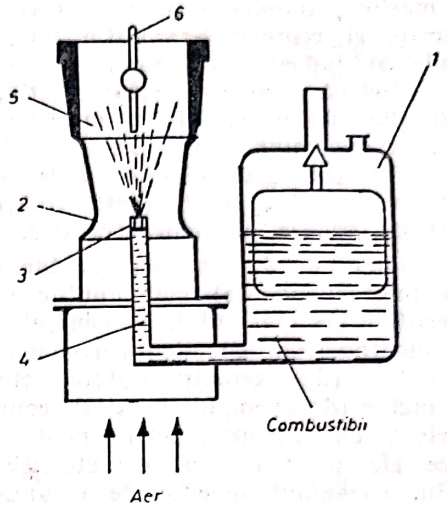


Fig. C.32. Carburator elementar:
1 — cameră de nivel constant; *2* — difuzor; *3* — jiclor; *4* — tub portjiclor; *5* — cameră de amestec; *6* — clapetă de admisie.

corespunzătoare a supapei acesteia. Principiul de funcționare este următorul: pe măsură ce nivelul combustibilului scade, ca urmare a funcționării motorului, plutitorul coboară și el, iar supapa ac deschide orificiul, care permite o nouă alimentare cu carburant. Cînd nivelul de combustibil este restabilit la valoarea prevăzută, plutitorul se ridică, iar supapa ac obturează orificiul și nu mai permite intrarea carburantului. Menținerea constantă a nivelului de combustibil este necesară deoarece debitul dozat de jiclor depinde de înălțimea coloanei de benzină din camera de nivel constant. Nivelul carburantului în camera de nivel constant este mai coborît cu cîțiva milimetri față de orificiul pulverizatorului pentru ca, în caz de înclinare a c., să nu se piardă combustibil prin jiclor.

Camera de amestec reprezintă spațiul în care se realizează amestecul dintre combustibil și aer. Acesta cuprinde două organe principale: difuzorul și obturatorul sau clapeta de admisie.

Difuzorul reprezintă un ajutaj convergent-divergent care realizează condițiile necesare pentru pulverizarea combustibilului, pentru formarea unui amestec intim între aer și benzină. Această formă constructivă a difuzorului dă posibilitatea atingerii unei valori mari a vitezei aerului în zona de secțiune minimă, ceea ce asigură o pulverizare bună a combustibilului. Pe de altă parte, așa cum se vede în fig. C.33, presiunea statică a aerului în această secțiune atinge o valoare minimă, respectiv depresiunea creată (diferența dintre presiunea

Scanned with OKEN Scanner

atmosferică și presiunea din secțiunea minimă) are valoarea maximă. Pentru ca viteza aerului prin difuzor să fie cît mai mare, asigurînd astfel o pulverizare foarte fină, este necesar ca diametrul secțiunii minime a difuzorului să

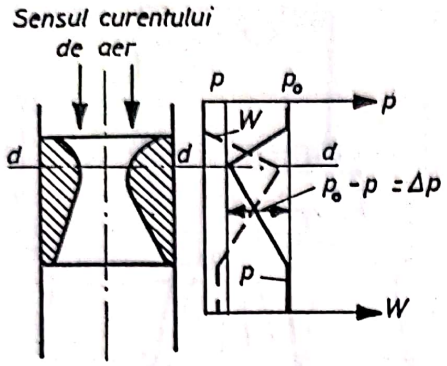


Fig. C.33. Variația vitezei și presiunii aerului în difuzor.

fie cît mai mic. Reducînd prea mult acest diametru, se introduce însă o rezistență mare în calea curentului, cu efecte negative asupra umplerii și, deci, a puterii maxime a motorului. Pentru eliminarea acestui dezavantaj se folosește difuzorul multiplu, format din două sau trei difuzoare concentrice așezate în serie (fig. C.34).

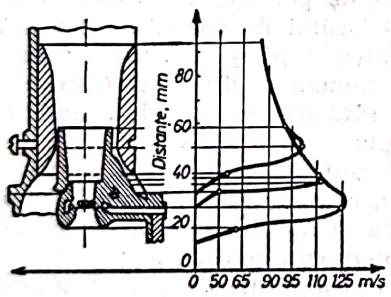


Fig. C.34. Variația vitezei aerului într-un difuzor multiplu.

Obturatorul (clapeta de admisie) are rolul de a regla cantitatea de amestec aspirat de motor, fiind comandat de pedala de accelerație. Reducînd secțiunea de trecere a amestecului prin închiderea clapetei, se reduce sensibil cantitatea de aer aspirat de motor.

Tubul portjiclor (pulverizatorul) are rolul de a transporta benzina în secțiunea minimă a difuzorului, prin intermediul jiclorului ale cărui dimensiuni sînt riguros determinate și etalonate. Mărind sau micșorînd diametrul acestui orificiu, se realizează îmbogățirea sau sărăcirea dozajului realizat de c.

După modul de așezare al difuzorului, c. (fig. C.35) pot fi: verticale, orizontale și inversate.

C. vertical (fig. C.35 a) este amplasat sub nivelul camerei de ardere. Particulele grele de combustibil sînt forțate să urce prin tubulatura de admisie. Deoarece depresiunea este redusă, acest proces este foarte dificil.

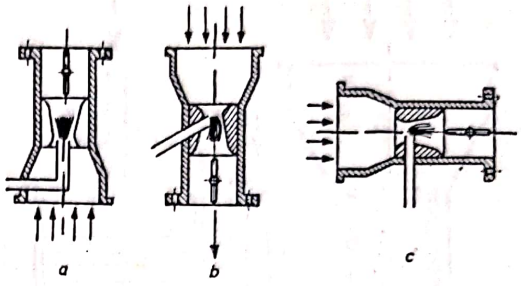


Fig. C.35. Tipuri de carburatoare, în funcție de modul de așezare al difuzorului.

C. orizontal (fig. C.35 c) are camera de amestec orizontală și montată lateral pe motor astfel, încît ocupă puțin loc în înălțime și permite o construcție mai joasă a vehiculului.

C. inversat, în prezent cel mai folosit c. (fig. C.35 b), este montat deasupra camerei de ardere, ceea ce favorizează „căderea" particulelor de combustibil (datorită gravitației) în colectorul de admisie și antrenarea benzinei de către curentul de aer. În plus, căldura degajată de motor încălzește amestecul și accelerează vaporizarea. Principiul de funcționare al c. inversat este următorul: în secțiunea minimă a difuzorului se crează o depresiune, datorită aerului aspirat de motor, acționînd asupra carburatorului din camera de nivel constant. Acesta, aflîndu-se la presiunea atmosferică, iese prin jiclor cu viteză mare și se amestecă cu aerul, evaporîndu-se parțial. Restul se pulverizează în picături foarte mici, împrăștiindu-se în aer sub formă de ceață fină.

Principalul dezavantaj al c. elementar este acela că debitează un amestec cu un dozaj foarte variabil, depinzînd de regimul de funcționare al motorului. De asemenea, acest tip de c. nu permite următoarele regimuri de funcționare: funcționarea motorului la mersul în gol, pornirea motorului rece (în special la temperaturile joase din timpul iernii) și posibilitatea de a modifica instantaneu regimul motorului, neavînd dispozitivele adecvate. De aceea, a apărut necesitatea realizării unui c. *complex*, prevăzut cu dispozitive speciale de corecție a amestecului debitat. Sistemul de corecție a dozajului, adoptat la majoritatea c. complexe este de tipul celui cu aer de frînare (fig. C.36).

Depresiunea creată în secțiunea minimă a difuzorului se transmite tubului prevăzut cu orificii și determină aspirația carburantului prin jiclorul principal. Aerul este aspirat din exterior prin jiclorul de aer aflat la partea superioară a tubului și prin orificiile laterale.

C. este prevăzut cu un dispozitiv de pornire, denumit și starter, care funcționează pînă cînd motorul atinge temperatura normală de funcționare. Un astfel de dispozitiv este arătat în

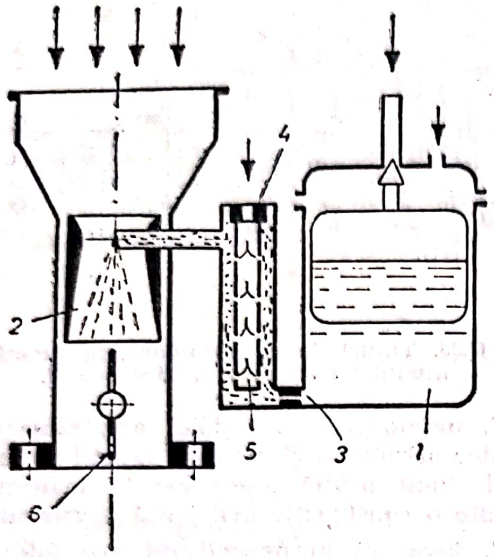


Fig. C.36. Carburator cu sistem de corecție a dozajului:
1 — cameră de nivel constant; *2* — difuzor; *3* — jiclor de combustibil; *4* — jiclor de aer; *5* — tub de emulsie; *6* — clapetă de admisie.

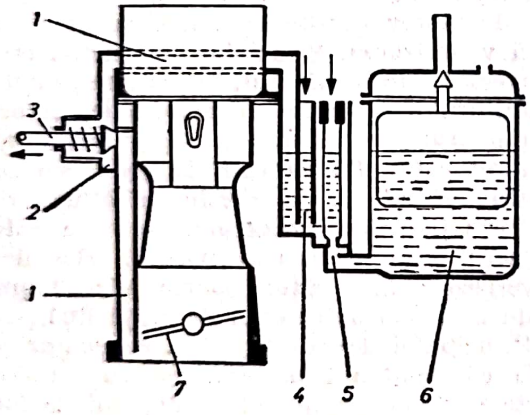


Fig. C.37. Carburator cu dispozitiv de pornire:
1 — canal de legătură; *2* — jiclor de aer; *3* — supapă; *4* — rezervor suplimentar; *5* — jiclor de combustibil; *6* — cameră de nivel constant; *7* — clapetă de admisie.

fig. C.37. Acest dispozitiv, în realitate un c. *auxiliar de pornire*, încoporat în c. principal, este format dintr-un rezervor aflat în legătură cu atmosfera, comunicînd cu camera de nivel constant prin jiclorul de pornire și cu zona din spatele clapetei de admisie printr-un canal și o supapă simplă. Deoarece acest dispozitiv prezintă dezavantajul că trebuie să fie permanent cuplat în timpul pornirii motorului, ducînd la debitarea unui amestec prea bogat, deci la un consum exagerat de combustibil, la ora actuală, se folosește în mod curent dispozitivul de pornire cu clapetă de aer (fig. C.38). Clapeta de aer este dispusă în camera de amestec, asigurînd un reglaj al debitului de aer pe măsură ce regimul motorului crește. Inițial, aflîndu-se în poziția „complet închis", clapeta se deschide progresiv pentru ca, în final, să

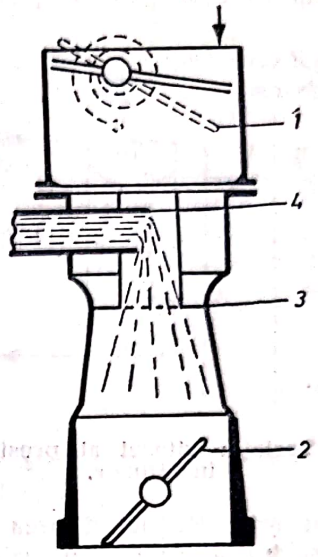


Fig. C.38. Dispozitiv de pornire cu clapetă de aer:
1 — clapetă de șoc; *2* — clapetă de admisie; *3* — difuzor; *4* — pulverizator.

rămînă complet deschisă, c. reluîndu-și funcționarea normală. Datorită poziției „închis" a clapetei de pornire, se creează o depresiune asupra jiclorului de pornire, suficientă pentru a determina aspirația carburantului necesar pornirii. Comanda de deschidere a clapetei, necesară sărăcirii amestecului, cînd motorul a atins regimul de funcționare normal, poate fi manuală sau automată. În cazul comenzii automate, clapeta este montată liber pe un ax, închiderea ei fiind asigurată de un arc spiral, pretensionat corespunzător.

O altă posibilitate de sărăcire a amestecului poate fi realizată cu ajutorul unei supape montate pe clapeta de șoc (fig. C.39). Clapeta rămîne închisă, iar supapa se deschide automat, ca urmare a depresiunii mai mari care se creează în spatele ei, datorită aspirației crescînde a motorului în mișcare.

Un alt regim de funcționare al motorului care necesită un dispozitiv special este regimul de mers în gol, care apare la turațiile joase ale motorului, cînd acesta dezvoltă putere necesară doar pentru învingerea frecărilor între piesele în mișcare. În această situație, obturatorul este aproape închis, iar depresiunea în amontele obturatorului este prea mică pentru a permite aspirația carburantului din pulverizator. De aceea, pentru admisia amestecului carburant se folosește depresiunea din avalul obturatorului (fig. C.40). Depresiunea, creată de funcționarea motorului la mersul în gol, aspiră carburantul prin jiclorul de mers în gol și, în același timp, aerul prin jiclorul de

aer pentru mers în gol. Amestecul trece, apoi, în camera de amestec printr-un canal și printr-un orificiu calibrat ce poate fi reglat cu ajutorul unui șurub.

În timpul funcționării motorului, sînt situații cînd pot să apară goluri de alimentare. Pentru a elimina acest dezavantaj c. sînt prevăzute cu o pompă de accelerație (repriză) (fig. C.41), care injectează combustibil suplimentar în camera de amestec, evitînd sărăcirea amestecului.

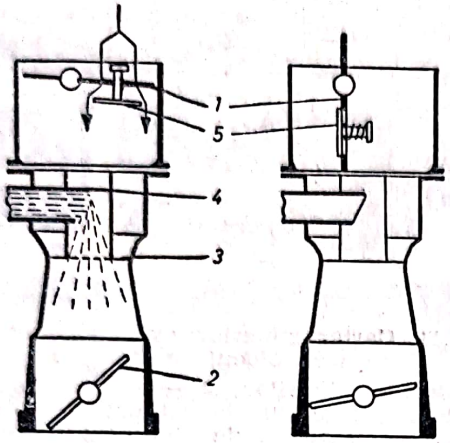


Fig. C.39. Dispozitiv de sărăcire a amestecului, cu supapă montată pe clapeta de șoc:
1 — clapetă de șoc; *2* — clapetă de admisie; *3* — difuzor; *4* — pulverizator; *5* — supapă pentru sărăcirea amestecului.

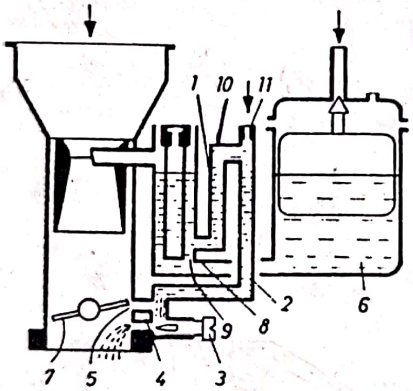


Fig. C.40. Carburator cu dispozitiv pentru mersul în gol:
1, 2 — canale de comunicație; *3* — șurub de reglaj; *4* — orificiu calibrat; *5* — orificiu de legătură; *6* — cameră de nivel constant; *7* — clapetă de admisie; *8* — jiclor de combustibil; *9* — rezervor; *10* — jiclor de combustibil pentru mersul în gol; *11* — jiclor de aer pentru mersul în gol.

În unele situații, în funcționarea motorului apare necesitatea limitării turației. În acest scop, se folosesc c. *cu regulator de turație*, care diferă de c. uzuale printr-o clapetă de accelerație, supusă efectului antagonist dintre două forțe: presiunea curentului de gaz care traversează c. și forța exercitată de un resort compensator, reglat la montaj. Resortul fixează o poziție de echilibru a clapetei, frînînd mișcarea ei pe măsură ce viteza curentului de gaz atinge o anumită valoare. Așa cum se știe, motorul de automobil funcționează la sarcini și turații variabile, distingîndu-se mai multe regimuri caracteristice (regim de pornire, de mers în gol etc.). Reglarea c. simultan cu sarcina și turația este foarte complexă, deoarece curgerea aerului și a combustibilului prin c. depinde de depresiunea din difuzor. La reducerea sarcinii și turației, depresiunea în difuzor scade, iar pe de altă parte, coeficientul de exces de aer scade. Rezultă, deci, că se realizează variația excesului de aer simultan cu sarcina și turația, în funcție de depresiunea din difuzor Δp_d. Variația coeficientului de exces de aer în raport cu depresiunea din difuzor se numește *caracteristica optimă de reglare* a c. (fig. C.42),

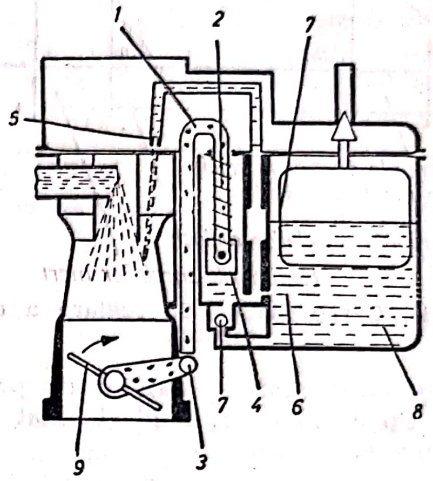


Fig. C.41. Carburator cu pompă de accelerație:
1 — tijă; *2* — arc; *3* — levier; *4* — piston; *5* — jiclor de accelerare; *6* — jiclor de descărcare; *7* — supapă cu bilă; *8* — cameră de nivel constant; *9* — clapetă de admisie.

Încercarea c. se efectuează prin măsurarea debitului de aer și de carburant ce trece prin ele, la diverse deschideri ale clapetei de admisie și la diverse valori ale depresiunii Δp_d. Se folosesc două tipuri de standuri de control funcțional la rece: standul de cercetare, care are rolul de a furniza date asupra tuturor parametrilor funcționali la cele cinci regimuri de lucru ale motorului și standul de producție, pentru controlul c. din producția curentă de serie, pentru cele cinci regimuri de funcționare (mers în gol, progresiune la mers în gol accelerat, sarcini parțiale cu 50% deschidere clapetă de accelerație, sarcini parțiale cu 75% deschidere clapetă accelerație și sarcină maximă). Standul de cercetare permite determinarea valorilor absolute ale parametrilor care se transpun,

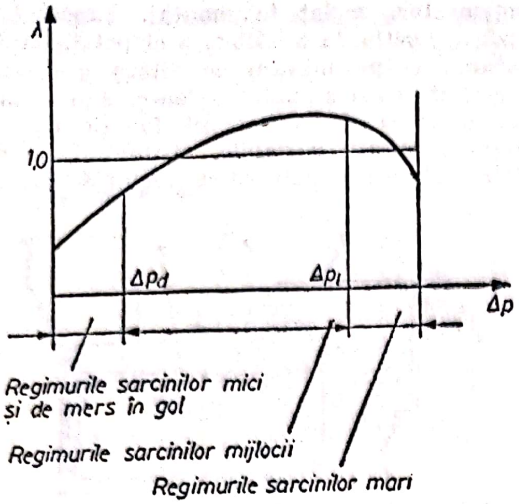


Fig. C.42. Caracteristica de reglare a carburatorului.

apoi, într-o diagramă. Standul de producție este de tip comparativ, fiind etalonat cu ajutorul unui **c.** etalon.

CARBURAȚIE. Procedeu de formare a amestecului aer-combustibil la motoarele cu ardere internă cu aprindere prin scînteie, prin mărirea vitezei aerului în raport cu viteza combustibilului, în vederea formării unui amestec cît mai intim (v. C a r b u r a t o r).

CARNOT, Sadi. Inginer francez, ofițer de geniu (1796—1832). A pus bazele științifice ale termodinamicii în lucrarea „Reflecții asupra puterii motrice a focului și asupra mașinilor capabile să desfășoare această putere" (1824). A creat noțiunea de „mașină perfectă" și „ciclu reversibil". A evidențiat independența randamentului termic de natura agentului folosit, într-un ciclu ideal (denumit ciclu Carnot) și dependența sa numai de temperaturile surselor caldă și rece. Într-o lucrare nepublicată, S. Carnot a formulat pentru prima oară principiul I al termodinamicii (1832) și a indicat o valoare a echivalentului caloric al lucrului mecanic (1 kcal=370 kgfm). Lucrarea a fost publicată postum, în 1882.

CARNOT (Ciclu) v. C i c l u C a r n o t.

CARTER. Organ fix al mașinilor cu piston, component al carcasei acestora, care servește pentru fixarea cilindrilor sau blocului de cilindri și pentru susținerea lagărelor arborelui cotit (la mașinile termice cu mecanism bielă-manivelă). În vederea ușurării montajului și execuției, **c.** se separă în două părți printr-un plan (de obicei, orizontal) normal la pereții transversali ai lagărelor. Partea superioară, adiacentă blocului de cilindri, se numește **c.** *superior* sau *batiu* (termen specific motoarelor termice navale), cealaltă parte se numește **c.** *inferior* sau *ramă* (placă) *de fundație* (termen specific motoarelor navale). **C.** superior și inferior, precum și blocul de cilindri sînt părți constitutive ale carcasei. În multe cazuri, două din aceste piese se execută dintr-o bucată. Execuția dintr-o bucată a **c.** superior și a blocului de cilindri (fig. C.43) constituie *bloc-carterul*

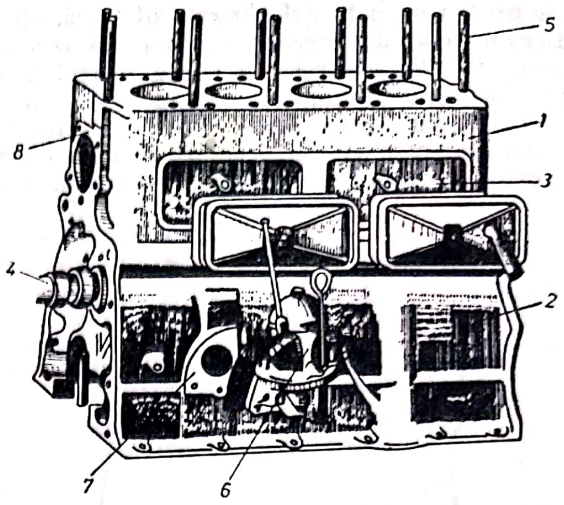


Fig. C.43. Carter superior executat dintr-o bucată cu blocul de cilindri:
1 — blocul cilindrilor; *2* — carterul superior; *3* — compartimentul tacheților; *4* — ax cu came; *5* — prezoane de chiulasă; *6* — pompă de combustibil; *7* — flanșă de fixare a pompei de combustibil; *8* — flanșă de fixare a pompei de apă.

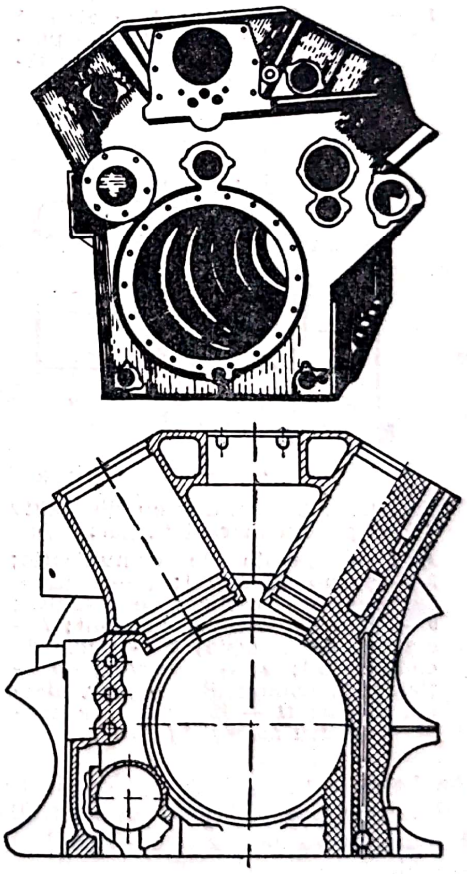


Fig. C.44. Carter-tunel.

sau *blocul-motor* (în cazul motoarelor cu ardere internă); execuţia dintr-o bucată a **c.** superior şi **c.** inferior constituie *carterul-tunel* (fig. C.44). Soluţia cu carter-tunel măreşte considerabil rigiditatea **c.** şi se utilizează la motoarele cu ardere internă cu lagăre de rostogolire.

C. inferior se realizează ca piesă independentă, în general, pentru maşini termice cu alezaje între 200—500 mm. Pentru maşini termice cu alezaje mai mari de 500 mm, carcasa se realizează din elemente separate. La maşinile termice mici (motoare, compresoare) cu bloc-carter, **c.** inferior se realizează din tablă care se numeşte *baie de ulei* şi care constituie rezervorul de ulei al sistemului de ungere.

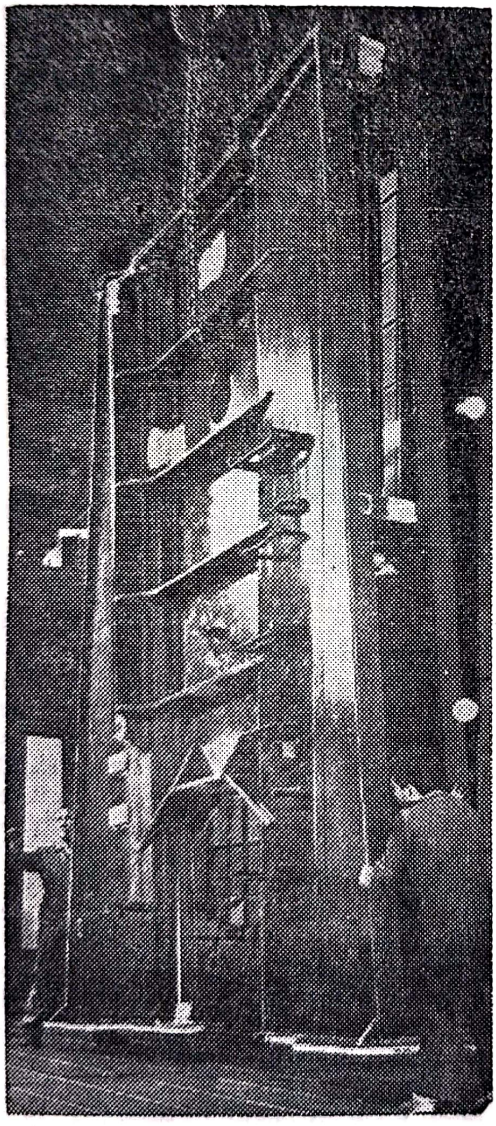


Fig. C.45. Carter superior pentru motoarele navale cu cap de cruce, realizat sub formă de cadru-montant.

C. preia toate forţele şi momentele care iau naştere în timpul funcţionării maşinilor termice (forţele de presiune, forţele de inerţie neechilibrate, momentele lor şi momentele forţelor de inerţie). Solicitări suplimentare ale **c.** apar şi datorită greutăţii acestuia (a blocului de cilindri şi a chiulasei), mai ales la motoarele stabile şi navale de puteri mari. De asemenea, **c.** este supus solicitărilor statice care apar la montaj (prin strângere) şi în timpul funcţionării, prin dilatare.

La motoarele navale cu cap de cruce, **c.** superior (batiul) se realizează sub formă de *cadru-montant* (fig. C.45) care trebuie să suporte şi importante împingeri transversale de la capul de cruce.

Principala condiţie pe care trebuie s-o îndeplinească **c.** este rigiditatea. Dacă rigiditatea este insuficientă, apar deformări care alterează

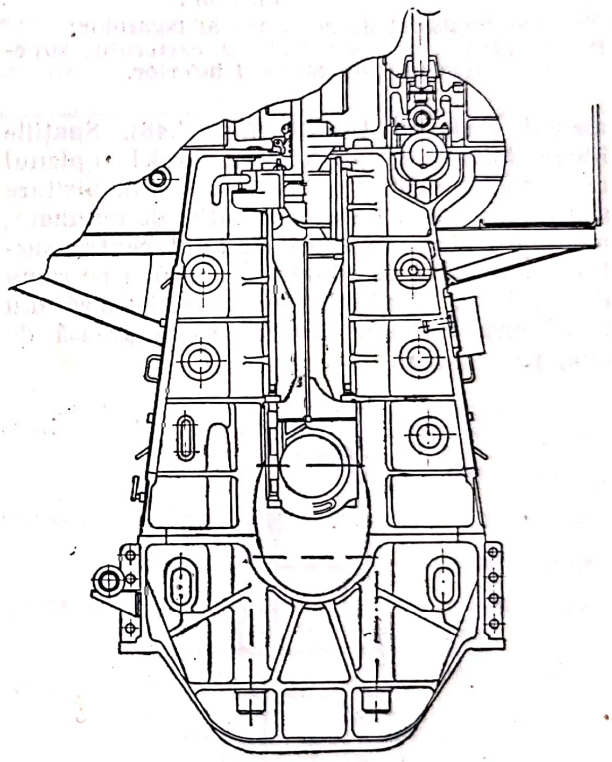


Fig. C.46. Nervurarea pereţilor transversali la motoare navale cu cap de cruce.

coaxialitatea lagărelor principale, înrăutăţesc condiţiile de ungere în lagăre şi măresc uzura lor, iar în arborele cotit apar tensiuni suplimentare. Mărimea rigidităţii **c.** se obţine pe mai multe căi: nervurarea pereţilor transversali (fig. C.46); coborîrea planului de separare a **c.** superior de cel inferior, în raport cu planul de separare al lagărului (fig. C.47); utilizarea carterului-tunel; utilizarea blocului-carter; mărirea numărului de lagăre al arborelui cotit.

La motoarele cu cap de cruce, mărirea rigidităţii **c.** este posibilă prin realizarea montanţilor sub formă de coloane prismatice goale în interior (v. fig. C.45), rigidizate prin pereţi transversali. Pentru a realiza o montare corectă a motorului, rama de fundaţie, montanţii şi blocul de cilindri se asamblează prin inter-

Scanned with OKEN Scanner

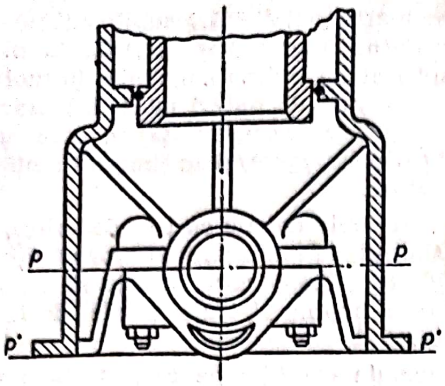


Fig. C.47. Mărirea rigidității prin coborîrea planului de separare a carterului superior față de carterul inferior:
P—P=planul de separare al lagărelor;
P'—P'=planul de separare al carterului superior față de carterul inferior.

mediul aceloraşi tiranţi (fig. C.48). Spaţiile libere dintre montanţi (în plan paralel cu planul axei arborelui cotit) se închid cu uşi de vizitare sau plăci sudate. La extremităţile de rezemare, montanţii sînt prevăzuţi cu tălpi pentru susţinerea blocului de cilindri şi aşezarea pe rama de fundaţie. Montanţii se confecţionează din fontă prin turnare, sau din tablă groasă de oţel, prin sudură.

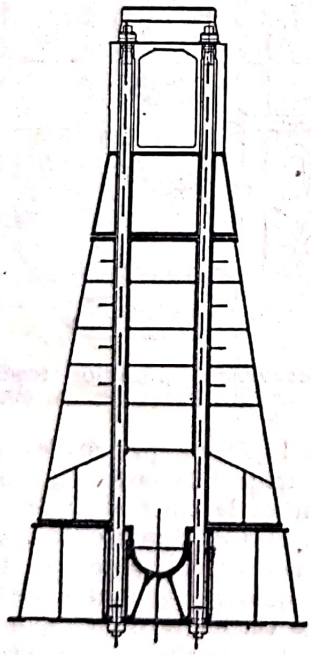


Fig. C.48. Asamblarea rampei de fundaţie, montanţilor şi blocului de cilindri prin doi tiranţi (motoare navale cu cap de cruce).

Rama de fundaţie a motoarelor cu cap de cruce are forma de cutie (fig. C.49). Este formată din doi pereţi longitudinali consolidaţi în exterior prin nervuri verticale sau înclinate

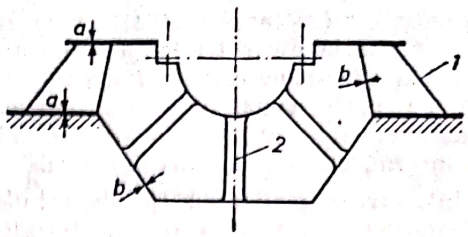


Fig. C.49. Ramă de fundaţie pentru motoarele navale cu cap de cruce:
1 — nervuri exterioare; 2 — nervuri interioare;
a=50 mm; b=20 ... 30 mm.

şi în interior, prin pereţi transversali, care constituie şi reazemele lagărelor de sprijin ale arborelui cotit.

Lagărele de sprijin ale arborelui cotit sînt practicate în peretele transversal al **c.**, fiind constituite din două părţi, separate printr-un plan care trece prin axa arborelui cotit. Lagărele se execută în două variante: lagăre suspendate (v. fig. C.47), la care partea superioară se toarnă odată cu **c.** superior, iar partea inferioară — capacul lagărului — constituie reazemul propriu-zis şi se fixează de partea superioară cu prezoane sau şuruburi şi lagăre rezemate (fig. C.49), la care partea inferioară este rigidă cu **c.** inferior, iar partea superioară — capacul lagărului — se fixează cu şuruburi sau prezoane. Varianta a doua prezintă, ca avantaj principal, rigiditate superioară.

CATALIZATOR. Substanţă, care prin prezenţa ei, determină într-o altă substanţă ori într-un amestec de substanţe o reacţie, sau care măreşte viteza unei reacţii ce poate avea loc în absenţa ei, dar cu viteză mai mică.

C. se conservă, cantitativ şi calitativ; după reacţie, acţionează în cantităţi care nu sînt în raport stoechiometric cu substanţele asupra cărora lucrează; determină sau accelerează numai reacţii termodinamice posibile, adică reacţii decurgînd spontan cu descreşterea entalpiei libere de reacţie, în sensul stabilirii unui echilibru; nu poate deplasa un echilibru chimic, adică nu poate schimba constanta de echilibru. Proprietăţile **c.** sînt: activitatea, viteza de volum, timpul de contact şi selectivitatea. *Activitatea* **c.** reprezintă compararea vitezelor de reacţie (w) ce se desfăşoară în aceleaşi condiţii de temperatură, presiune şi concentraţie, realizate în proces necatalitic şi în proces catalitic şi se poate exprima prin relaţia:

$$A = R \cdot T \cdot \ln \frac{w_{catalitic}}{w_{necatalitic}}.$$

Viteza de volum se defineşte ca raport între volumul fluidului ce trece prin sistem în unitatea de timp şi volumul de umplere a **c.**:

$$w_{vol} = \frac{V_{fluid}}{V_{catalizator}}.$$

Timpul de contact reprezintă timpul, exprimat în secunde, în care c. se află în contact cu substanța de reacție. *Selectivitatea* unui c. reprezintă capacitatea acestuia de a orienta cantitativ o reacție chimică spre un anumit produs final, atunci cînd prin procesul catalitic se pot obține mai mulți produși de reacție, iar dacă reacția se poate realiza prin mai multe variante termodinamic posibile, atunci să favorizeze desfășurarea reacției preferențial după una dintre aceste direcții.

Principalii c. utilizați în industria chimică sînt dați în tabelul C.4.

CAVITAȚIE. Fenomen de apariție a unor discontinuități (cavități) în anumite regiuni ale curgerii unui lichid, sub forma unor bule de vapori sau a unor spații umplute cu vapori sau cu gaze degajate din lichid. Acest fenomen se produce atunci cînd în curentul de lichid crește viteza și, în conformitate cu relația lui Bernoulli, se micșorează presiunea statică p_s sub valoarea presiunii de vaporizare (presiunea vaporilor saturați) p_v. Acest proces de vaporizare se produce în intervale de timp foarte mici, avînd caracterul unei explozii, distrugînd continuitatea curentului de lichid prin forma-

Tabelul C.4

Principalii catalizatori în industria chimică

Catalizatorul	Tipul reacției catalizate	Exemplu de întrebuințare
Acetat de sodiu	Deshidratare	Esterificarea mentolului
Acizi tari	Esterificare, hidroliză	Fabricarea eterului, a glucozei, a acetilcelulozei
Aluminiu	Deshidratare	Prepararea acidului cianhidric din formamidă
Argint	Oxidare, hidrogenare	Prepararea aldehidelor din alcooli, a anilinei din nitrobenzen
Argilă calcinată	Deshidratare	Industria carburanților
Cărbune (negru animal, cărbune activ)	Oxidare, clorurare	Purificarea amoniacului, sinteza acidului clorhidric
Clorură de aluminiu	Clorurare, condensare	Sinteza ureei, a toluenului, a aldehidelor etc.
Clorură de zinc	Deshidratare, polimerizare, hidroliza derivaților halogenați	Prepararea de aldehide și esteri celulozici, prepararea acidului benzoic din feniltriclorometan
Cobalt	Hidroliză	Sinteze de hidrocarburi, transformări de hidrocarburi
Cupru redus	Oxidarea compușilor organici, hidrogenare	Transformarea formolului în camfor, fabricarea formolului
Fier	Hidrogenare, hidroliză	Sinteza amoniacului, a aldehidei benzoice
Iod (tinctură de iod)	Sulfurare, clorurare	Anumite clorurări organice
Nichel redus	Hidrogenare, deshidrogenare	Hidrogenarea uleiurilor vegetale, sinteza amoniacului, a alcoolilor
Oxid de aluminiu	Deshidratare	Cracare, prepararea acetonei
Oxid de fier	Oxidare	Fabricarea oleumului, a hidrogenului, desulfurarea gazelor
Oxid de magneziu	Hidroliză	Fabricarea acizilor grași, a hidrogenului
Oxid de mercur	Oxidare	Transformarea acetilenei în acetaldehidă
Oxid de toriu	Deshidratare, hidratare	Sinteza acetonei din acetilenă
Oxid de vanadiu	Oxidare	Oxidarea toluenului în aldehidă benzoică, a naftalinei în aldehidă ftalică
Oxid de zinc	Hidrogenare	Sinteza alcoolului metilic
Platină redusă	Hidrogenare, oxidarea anhidridei sulfuroase	Fabricarea acidului sulfuric
Silice amorfă	Deshidratare	Deshidratarea alcoolilor, produse de condensare din acetilenă
Sulfat de calciu anhidru	Deshidratare	Sinteză organică
Sulfură de molibden	Hidrogenare	Sinteză de carburanți

C. negativi sau **inhibatorii** sînt substanțe care micșorează viteza reacțiilor chimice.

C. fotochimici sînt substanțe care, atunci cînd se află în amestec cu alte substanțe, accelerează sau frînează o reacție fotochimică între acestea, fără a lua parte la reacție, în urma faptului că absorb radiația incidentă și cedează energie moleculară substanțelor care reacționează (de exemplu, sensibilizatorii folosiți la sensibilizarea plăcilor fotografice pentru anumite reacții).

rea unor cavități umplute cu vapori. Dacă aceste cavități, deplasîndu-se împreună cu lichidul, ajung în zona cu presiuni mai ridicate, se produce condensarea practic instantanee a vaporilor, cavitățile se închid și apar presiuni foarte mari, temperaturi ridicate, descărcări electrice, fenomene luminescente, se activează procesele chimice, în particular, cele corosive. Apariția fenomenului de c. în curgerea unui lichid, numai prin scăderea presiunii lui sub presiunea de vaporizare, este o condiție nece-

Scanned with OKEN Scanner

sară, dar nu și suficientă, întrucît pentru formarea discontinuităților trebuie învinsă și rezistența la întindere a lichidului. Calculele teoretice bazate pe teoria cinetico-moleculară a fluidelor omogene, indică, de exemplu, pentru apă la temperatura de 20°C, posibilitatea de a rezista la eforturi de tracțiune de pînă la 3 250 bar. Această valoare nu corespunde datelor experimentale, justificarea neconcordanței fiind dată de faptul că ruperea lichidului nu se produce deodată în tot volumul său, ci începe în anumite locuri mai slabe, de exemplu în mici bule de vapori care există, practic, întotdeauna în fluid. Aceste bule, constituind nucleele (germenii) c., încep să crească într-un lichid în repaus, dacă $p_v > p + \frac{2\sigma}{R}$, în care: σ este tensiunea superficială; R — raza bulei; p — presiunea lichidului din exteriorul bulei. Aceasta face ca valorile rezistenței volumice ale apei în repaus să fie practic de 20—270 bar, valoarea maximă fiind obținută pentru ap a special pregătită în laborator. În condițiile curgerii, bulele fiind antrenate de curent, stabilitatea și creșterea lor este supusă și influenței forțelor de inerție și de viscozitate, iar condiția de dezvoltare a c. nu mai poate fi descrisă de relații simple, ca în repaus. Valorile efortului de tracțiune la apa în mișcare depind de viteza de curgere și de cantitatea de aer conținută în apă; ele sînt cuprinse între 0—0,2 bar. La formarea și dezvoltarea nucleelor de c. pot contribui și particulele solide în suspensie în lichid sau prezența unor fisuri foarte fine pe suprafețele solide.

C. gazoasă, la care creșterea bulei de cavitație se datorează difuziei de gaze din exterior în lichid (datorită micșorării presiunii acestuia), se dezvoltă lent și însoțește de obicei c. de vaporizare, neinfluențînd însă practic caracterul acesteia.

La curgerea lichidelor în jurul corpurilor solide, creșterea bulelor de vapori se produce în zonele de presiune redusă, determinate de variația (creșterea) vitezei de curgere în lungul profilului acestora. Aceste bule, trecînd prin zone de presiuni mai ridicate (în stratul limită dinamic de la suprafață), se resorb, producînd zgomot și fluctuații de presiune (atingînd valori de mii de atmosfere) și provocînd eroziunea materialului suprafeței corpului cu care vin în contact. Explicarea *eroziunii de c.* (produsă de către fenomenul de c.) numai prin efectul mecanic, nu este suficientă, fenomenul datorîndu-se și altor cauze, ca de exemplu coroziunii electrochimice și temperaturilor foarte mari. Fenomenul de c. are efecte negative asupra componentelor mașinilor sau instalațiilor hidraulice, cum sînt: scăderea randamentului acestora și apariția *zgomotelor și vibrațiilor* de c.

CAZAN. Instalație de tipul unui schimbător de căldură care încălzește apa sau o vaporizează la presiune și temperatură constantă, cu ajutorul căldurii produse prin arderea unui combustibil. C. utilizate pentru producerea aburului se numesc c. de abur sau generatoare de abur, iar cele folosite pentru prepararea apei calde sau supraîncălzite (fierbinți) se numesc c. de apă caldă, respectiv de apă supraîncălzită sau fierbinte (CAF).

Clasificarea c. de abur se poate face din mai multe puncte de vedere, ca de exemplu: după scopul pentru care se produce aburul (încălzire, abur tehnologic, abur energetic sau combinat); după locul unde sînt montate (stabile, mobile, rotative); după sursa de căldură (cu combustibil clasic, energie electrică, energie solară etc.); după modul preponderent de transmitere a căldurii (de convecție sau de radiație); după modul cum se produce vaporizarea (cu vaporizare directă sau indirectă); după felul cum are loc circulația apei (cu circulație naturală sau forțată); după presiunea de funcționare (de joasă presiune, 0,7—6 bar, de medie presiune, 6—64 bar, de înaltă presiune, 64—221,29 bar, sau de presiune supracritică); după volumul de apă conținut — cu volum mare sau cu volum mic de apă (se consideră generatoare de abur cu volum mare de apă acele generatoare pentru care raportul dintre conținutul de apă V_a [m³] și suprafața de încălzire S_i [m²] respectă inegalitatea $V_a/S_i > 0{,}026$ [m³/m²].

C. de apă cu circulație naturală sînt acele c. la care mișcarea amestecului apă-abur în sistemul vaporizator este ascensională și naturală, ea avînd loc pe baza diferenței de densitate între apa rece ce intră în sistemul vaporizator și amestecul cald apă-abur ce iese din el.

C. de abur cu volum mare de apă. Din această categorie fac parte generatoarele de abur de construcție mai veche, ca de exemplu *generatoarele de abur cilindrice cu tub de flacără, cu țevi de fum, cu cutie de foc și țevi de fum* (fig. C.50 și C.51). Datorită conținutului mare de apă și în raport cu suprafața de încălzire, aceste c. preiau ușor variațiile bruște de sarcină de scurtă durată, în schimb se caracterizează printr-o inerție foarte mare, timpul de punere în funcțiune fiind mare (4—6 ore).

C. de abur cu volum mic de apă se numesc **generatoare de abur acvatubulare,** datorită faptului că suprafața de încălzire a acestora este formată din țevi [fierbătoare de oțel cu diametre mici, încălzite în exterior de gazele de ardere, prin interiorul lor circulînd apă sau amestecul apă-abur.

După forma și așezarea țevilor, cît și după alte caracteristici constructive și funcționale, c. de abur acvatubulare sînt de tipul: cu țevi drepte puțin înclinate, cu țevi cu înclinare mare și de construcție specială.

C. de abur cu țevi drepte puțin înclinate au suprafața de încălzire

Scanned with OKEN Scanner

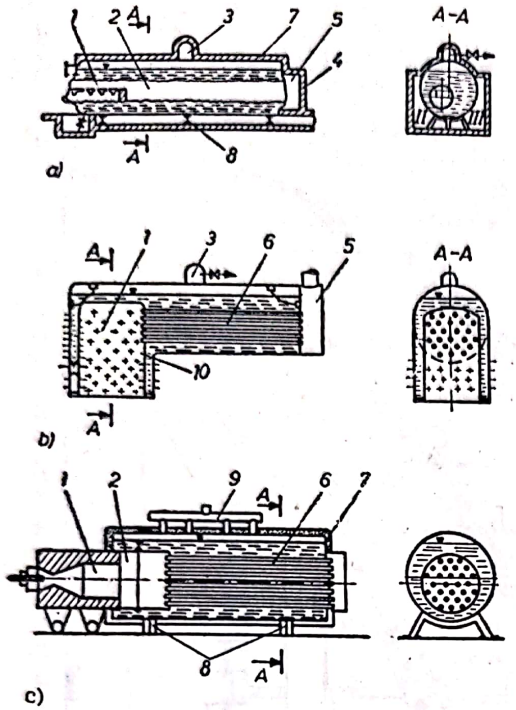


Fig. C.50. Cazane de abur cu volum mare de apă:
a — cazane cu tub de flacără; *b* — cazane cu cutie de foc şi ţevi de fum; *c* — cazane cu tub de flacără şi ţevi de fum în prelungire; *1* — focar; *2* — tub de flacără; *3* — dom; *4* — zidărie; *5* — cameră de fum; *6* — ţevi de fum; *7* — izolaţie; *8* — suport; *9* — colector; *10* — cutie de foc.

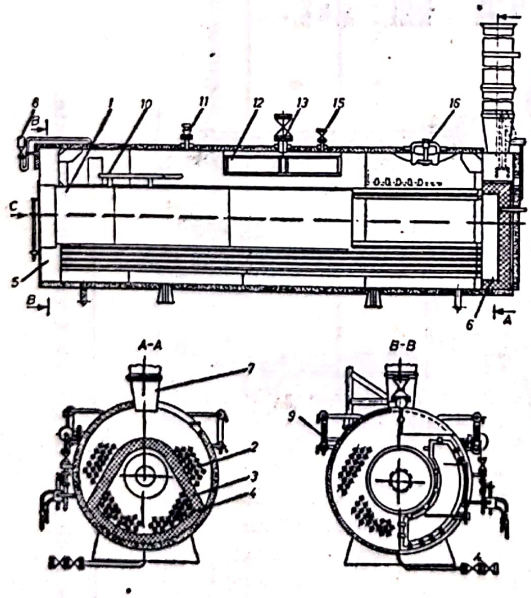


Fig. C.51. Cazane de abur CTF-1:
1 — tub de flacără; *2* — fascicul superior de ţevi de fum; *3*— zidărie refractară; *4* — fascicul inferior de ţevi de fum; *5, 6* — camere de fum (antecameră şi postcameră); *7* — coş de fum; *8* — manometru; *9* — sticlă de nivel; *10* — conductă de alimentare; *11* — supapă de siguranţă; *12* — separator de picături; *13* — robinet principal; *14, 15* — robinet de aerisire; *16* — capacul gurii de vizitare.

realizată dintr-un fascicul de ţevi drepte, înclinate faţă de orizontală cu un unghi de 15—45°, ce se află prinse între două plăci tubulare ale camerelor colectoare, care se racordează la tambur, fie direct, fie prin intermediul unor ţevi de legătură. În fig. C.52 se prezintă o secţiune printr-un astfel de **c.** de 10 t abur/h, funcţionînd pe combustibil lichid şi gazos, iar în fig. C.53, un cazan de ţevi drepte puţin înclinate, de 6,5 t abur/h, funcţionînd cu combustibil solid (lignit) care arde pe un grătar de tipul celui cu împingere răsturnată. Pentru ambele tipuri de **c.**, presiunea este de 16 bar, iar temperatura de 350°C. Datorită consumului specific ridicat de metal, precum şi datorită numărului mare de suduri şi mandrinări la camerele colectoare, fabricarea acestor **c.** este din ce în ce mai redusă.

C. de abur cu ţevi cu înclinaţie mare sînt compuse din două sau mai multe corpuri cilindrice (tamburi şi colectoare), cu axele aşezate la cote diferite şi legate între ele prin fascicule de ţevi verticale sau foarte înclinate. Avantajul principal al acestora constă în elasticitatea pe care o prezintă ţevile curbate şi, în consecinţă, în reducerea într-o mare măsură a tensiunilor mecanice ce apar în prinderile lor în tamburi. Pe de altă parte, dispoziţia verticală sau apropiată de verticală a ţevilor fierbătoare, rezistenţa hidraulică mică a camerelor colectoare şi înălţimea mare a ţevilor ameliorează mult condiţiile unei circulaţii naturale a apei în **c.** În fig. C.54 sînt prezentate schematic secţiuni prin trei generatoare de abur cu ţevi cu înclinare mare cu unul, cu doi sau trei tamburi. Ecranarea focarelor utilizată, la început, pentru protejarea zidăriei şi evitarea depunerilor de zgură pe pereţii focarului a condus la construirea aşa-numitelor **c.** *de abur cu radiaţie*. Prezenţa ecranelor duce la intensificarea transferului de căldură prin radiaţie, avînd ca efect creşterea încărcării termice specifice a focarului şi, deci, şi a debitului de abur al **c.** Concomitent cu intensificarea schimbului de căldură, datorită radiaţiei, se intensifică şi transferul de căldură convectiv, datorită vitezelor ridicate de curgere a gazelor arse transversal pe ţevile **c.**, care au diametre mici, în vederea creşterii suprafeţei de transfer de căldură. Pentru îmbunătăţirea circulaţiei naturale este necesar a se reduce rezistenţele hidraulice, lucru ce se realizează prin scoaterea în afara focarului a ţevilor coborîtoare şi creşterea considerabilă a diametrelor acestora. Supraîncălzitorul acestor **c.** de abur se aşază parţial sau total în zona de radiaţie (în focar), unde temperatura gazelor arse este de 900—1 000°C, putîndu-se realiza o supraîncălzire a aburului pînă la 450—500°C. În tabelele C.5 şi C.6 sînt prezentate principalele caracteristici tehnice ale **c.** de radiaţie cu circulaţie naturală şi ţevi de apă cu mare înclinare. Supraîncălzitorul, economizorul şi preîncălzitorul de aer

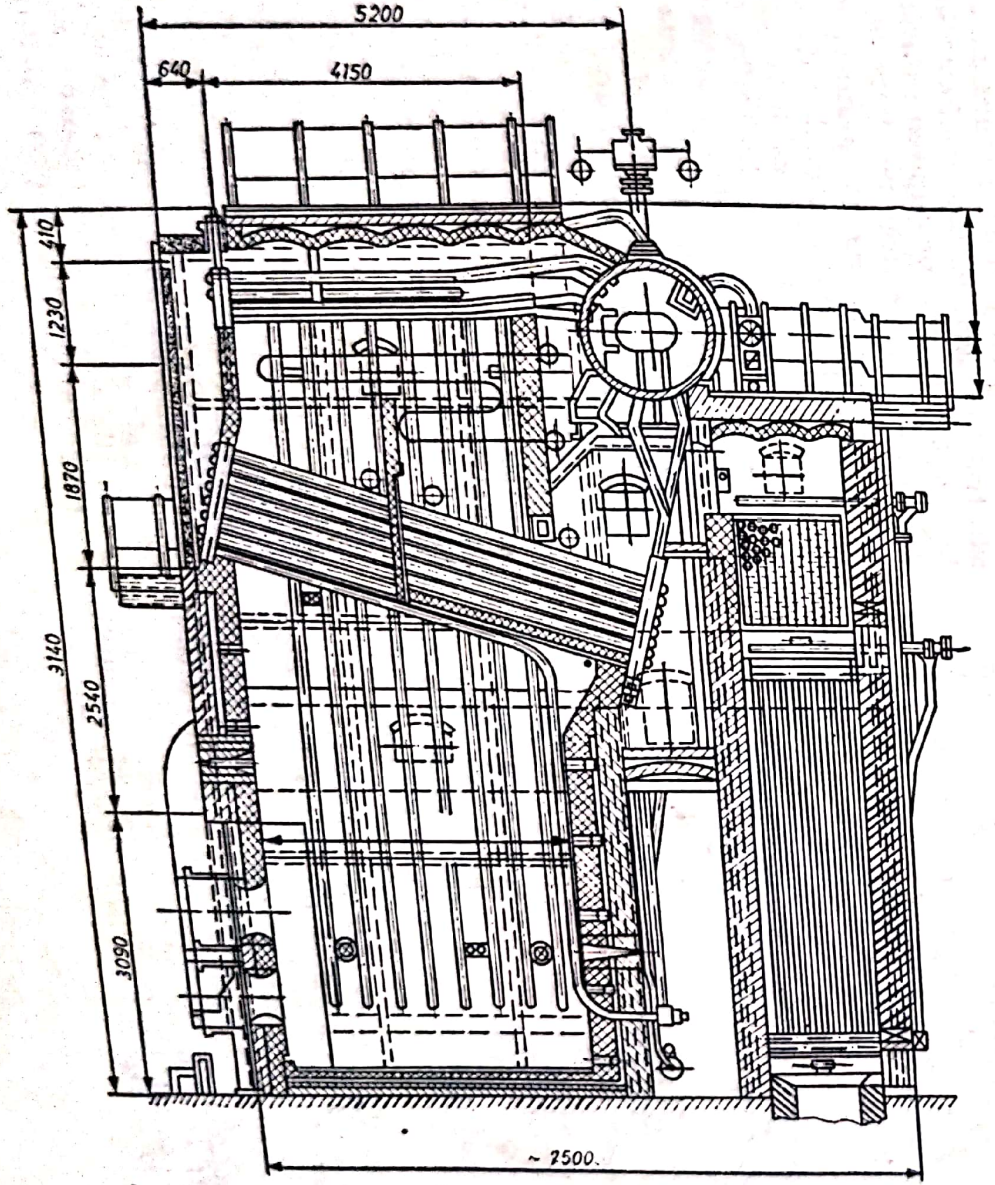


Fig. C.52. Cazan de abur, de 10 t/h, cu țevi puțin înclinate.

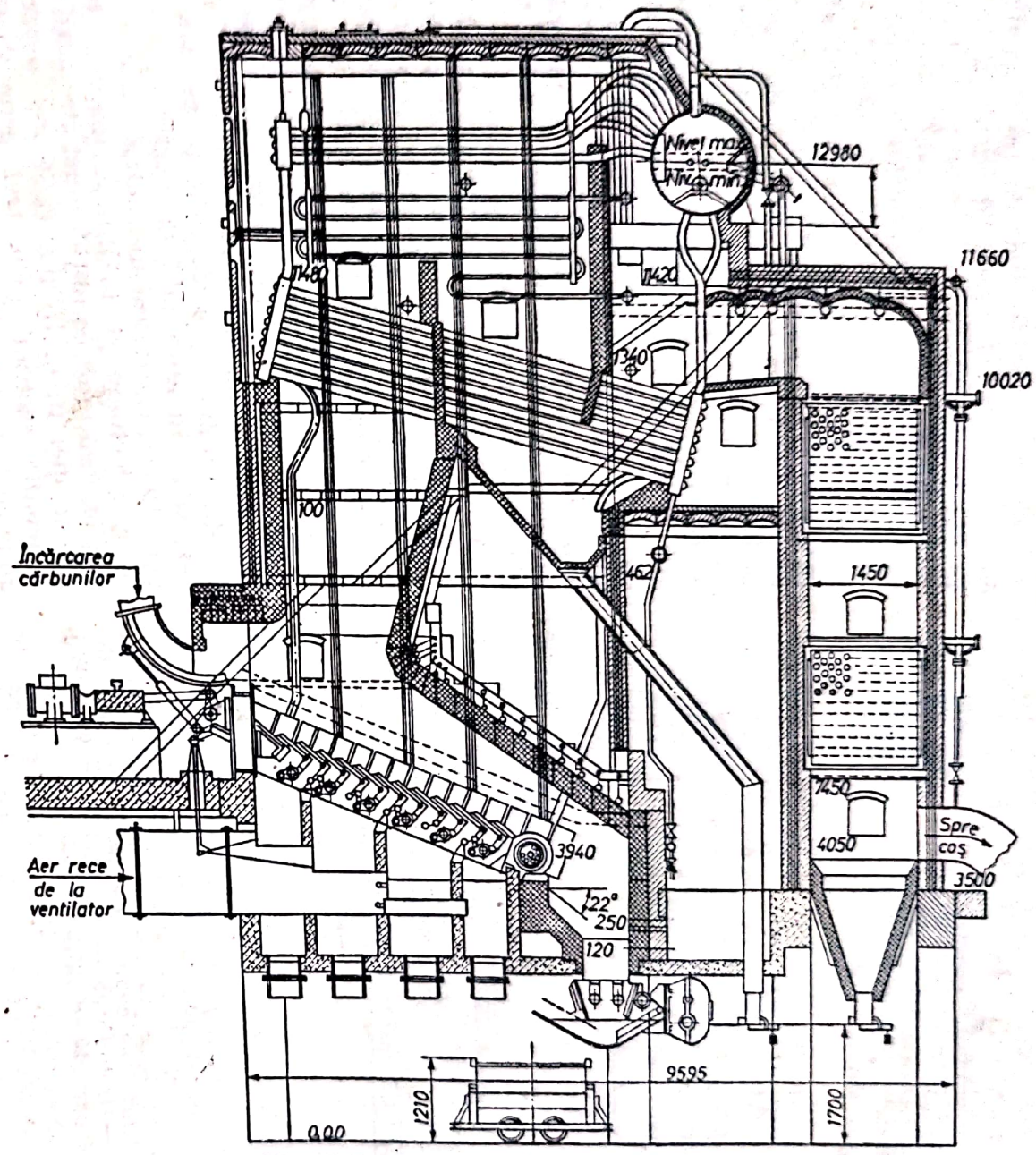


Fig. C.53. Cazan de abur, de 6,5 t/h, cu țevi puțin înclinate.

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul C.5

Cazane de abur cu țevi de apă de mare înclinare, de medie presiune, cu circulație naturală, fabricate în R.S.R.

Caracteristici și dimensiuni	Tip CR-9	Tip CR-16	Tip CR-5	Tip CR-12	Tip IP-01	Tip CR-7
Natura combustibilului	păcură, gaz natural	păcură, gaz natural	păcură, gaz natural	păcură, gaz natural	gaz de furnal	huilă
Debit de abur nominal [t/h]	10	10	20	50	50	50
Presiunea normală [bar]	15,7	15,7	39,2	39,2	39,2	35,3
Temperatura aburului [°C]	350	350±20	450 $^{+10}_{-20}$	450±15	450	450
Temperatura apei de alimentare [°C]	70	100	100+5	150	—	100
Temperatura gazelor evacuate la coș [°C]	—	150 180	177 180	165 180	—	160—192
Randament brut [%] $\frac{\text{calculat}}{\text{măsurat}}$	$\frac{88,5}{90}$ | $\frac{-}{92}$	$\frac{92\pm2}{90}$ | $\frac{92\pm2}{-}$	$\frac{84,}{85+2}$ | $\frac{83,5}{83+2}$	$\frac{90,2}{88\pm2}$	—	—
Număr de tambure și lungimea $\left[\frac{\text{buc}}{\text{m}}\right]$	2/6	2/6,37	1/6,11	2/6,5	2/8,3	—
Diametrul exterior / grosimea peretelui [mm]	900/22	800/22	1 200/36	1 200/36	1 500/41	—
— fierbătoare radiație	51×5	51×3	83×4	60×3	800/30	—
— fierbătoare convecție	51×3	51×5	83×4	60×3	57×3	—
— supraîncăzitoare radiație	44×4	—	—	—	51×3	—
— supraîncălzitoare convecție	38×4	32×3	44,5×4/38×3	32×5	—	—
— economizor	54×2	54×2	57×2	45×1,5	—	—
Volumul de apă / Debitul nominal $\left[\frac{\text{l}}{\text{kg/h}}\right]$	0,85	0,85	—	0,39	0,433	—
Greutatea metalică cazan / Debitul nominal $\left[\frac{\text{kg}}{\text{kg/h}}\right]$	2,99	3,1	4,69	4,36	4,4	—
Gabarite [m]	3,35×6,24×4,36	3,2×7×4	4,6×7,11×11	5,35×9,95×14,3	6,7×11,5×15,8	11,6×17×19,1

Scanned with OKEN Scanner

sînt aşezate, de obicei, pe drumul descendent al gazelor arse. În fig. C.55 C.56, C.57, C.58, C.59, C.60, C.61, C.62 şi C.63 sînt arătate cîteva tipuri de astfel de c.

C. de abur cu circulaţie forţată. Apariţia acestor c. a fost cauzată de dificultăţile întîmpinate la construcţia, exploatarea şi siguranţa în funcţionare a c. cu circulaţie naturală. Construcţia c. de abur de înaltă presiune impune ţevi cu diametrul mic, în vederea creşterii coeficientului de transfer de căldură convectiv. La diametre mici, cresc mult rezistenţele hidraulice, iar circulaţia naturală a

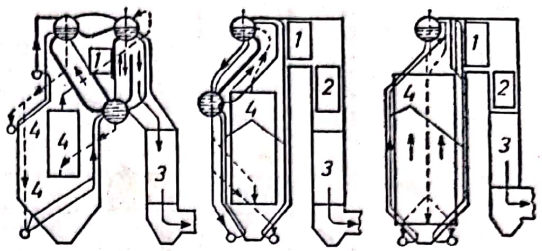


Fig. C.54. Cazane de abur cu ţevi mult înclinate: *1* — supraîncălzitor; *2* — economizor; *3* — preîncălzitor de aer; *4* — ţevi de ecran.

Tabelul C.6

Cazane de abur cu ţevi de apă cu mare înclinare, de înaltă presiune, cu circulaţie naturală, construite în R.S.R.

Caracteristici şi dimensiuni	tip C-3	tip C-2	tip C-4
Natura combustibilului	păcură, gaz natural	păcură, gaz natural	păcură, gaz natural
Debit de abur nominal [t/h]	50	120	420
Presiunea nominală [bar]	98	98	137
Temperatura aburului [°C]	540	540+5	570+10
Temperatura apei de alimentare [°C]	215	215±10	230
Temperatura gazelor evacuate la coş [°C]	140	165—138	150—132
Randament brut [%]	91,2	91,2	91,6—91,8
Număr de tambure şi lungimea [buc/m]	1/—	1/9,6	1/—
Diametrul exterior şi grosimea pereţilor tamburului [mm]	—	1 500/75	1 800/95
Diametrul exterior şi grosimea ţevilor [mm]			
— fierbătoare de radiaţie	60×5	60×5	60×6
— fierbătoare convective	60×5	60×5	60×6
— supraîncălzitoare de radiaţie	31,8×4	31,8×4	—
— supraîncălzitoare convective	32×4	31,8×4	42×5
— economizor	32×3,5	32×3,5	32×4
$\frac{\text{Volum de apă}}{\text{Debitul nominal}}\left[\frac{\text{l}}{\text{kg/h}}\right]$	—	0,303	0,191
$\frac{\text{Greutatea metalică cazan}}{\text{Debitul nominal}}\left[\frac{\text{kg}}{\text{kg/h}}\right]$	—	—	4
Gabarit [m]	5,38×11,4×16,9	9,295×7,5×26	13×15,4×31,4

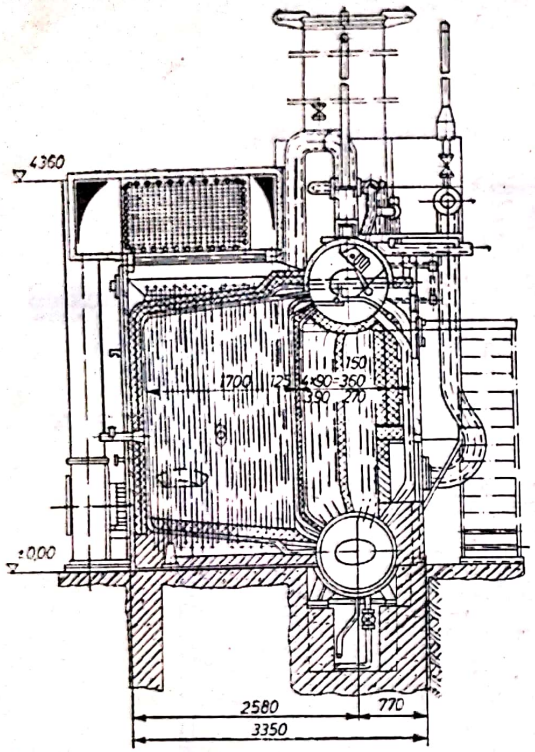


Fig. C.55. Cazan de abur CR-9

Fig. C.56. Cazan de abur CR-16: *1* — ventilator; *2* — preîncălzitor de aer; *3* — conductă de aer cald; *4* — tobă de aer; *5* — arzător; *6* — dispozitiv de aprindere; *7* — canal pentru gazele de ardere; *8* — canal de legătură cu coşul de fum.

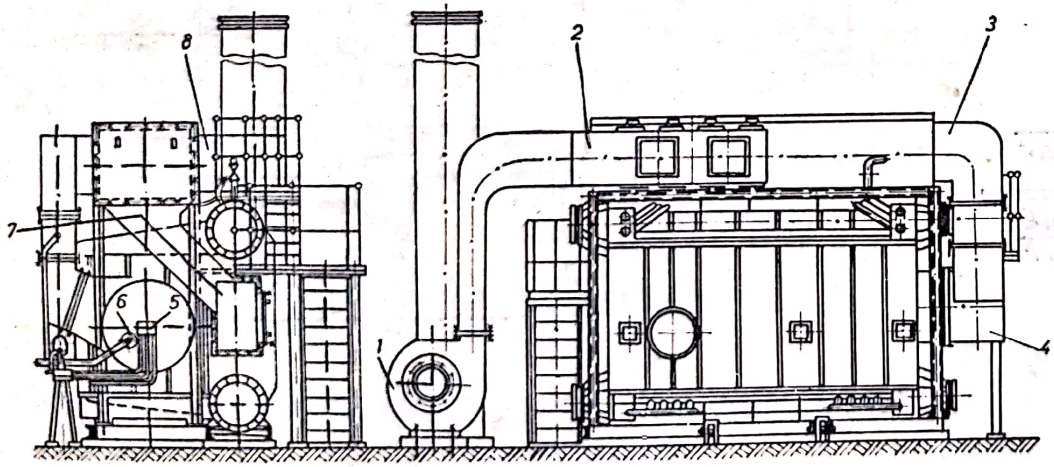
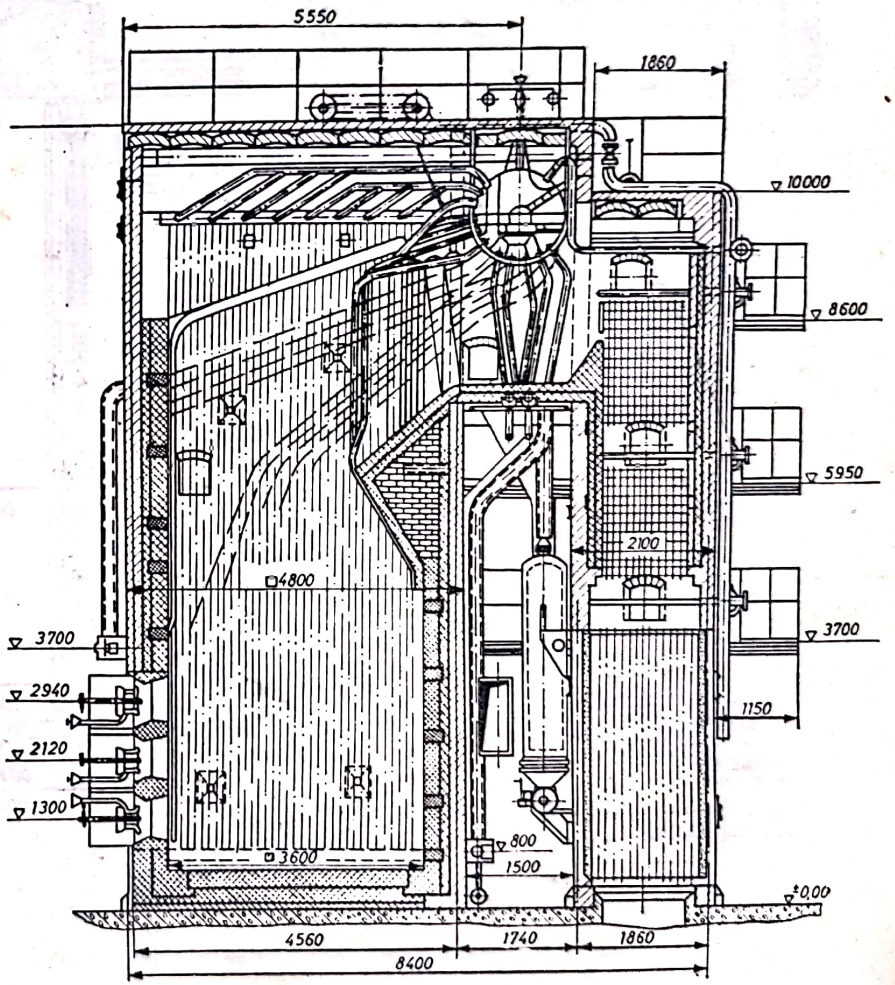


Fig. C.57. Cazan de abur CR-5.



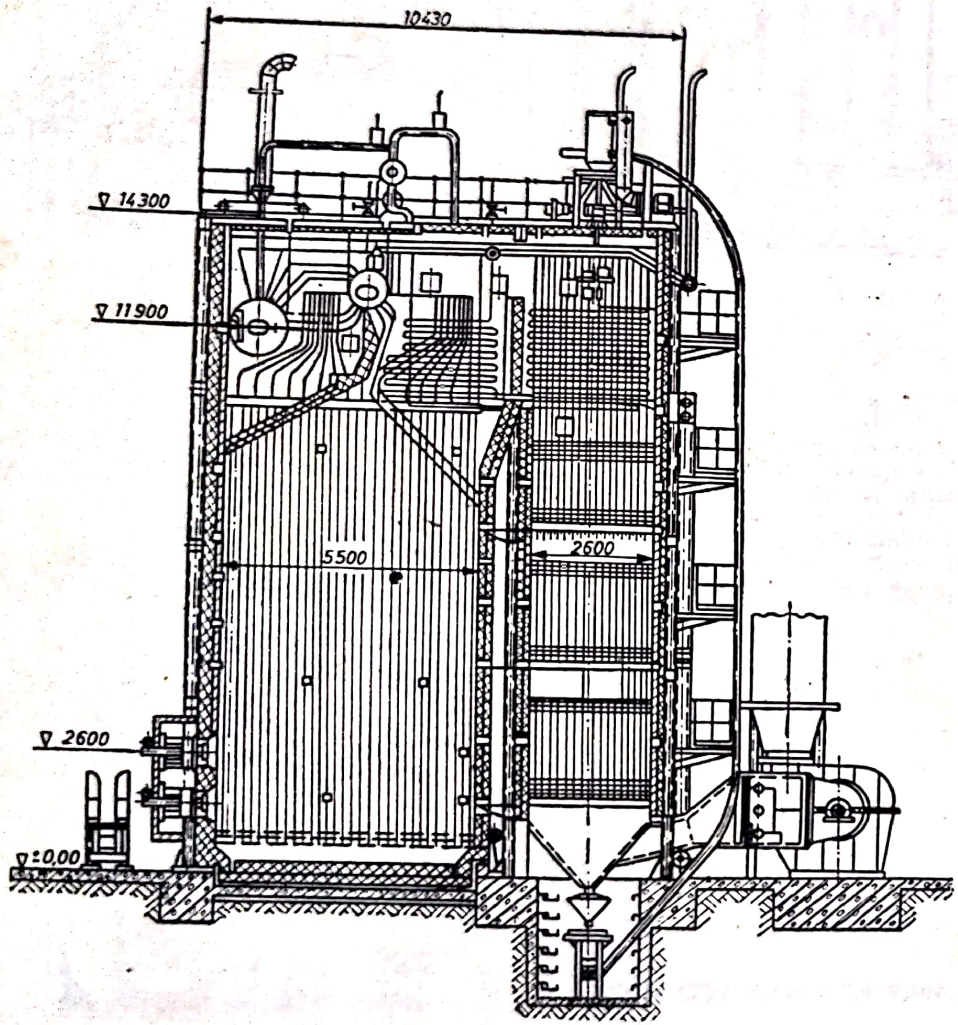


Fig. C.58. Cazan de abur CR-12.

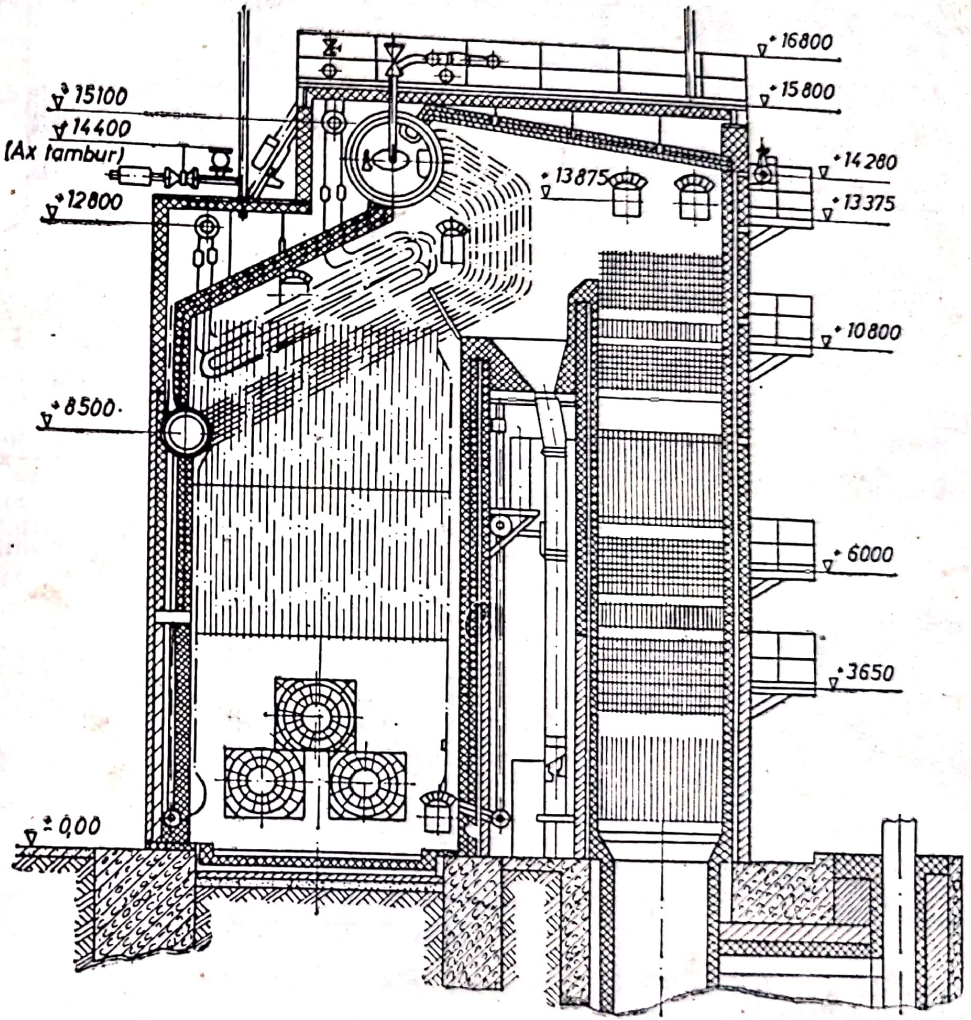


Fig. C.59. Cazan de abur IP-01.

Scanned with OKEN Scanner

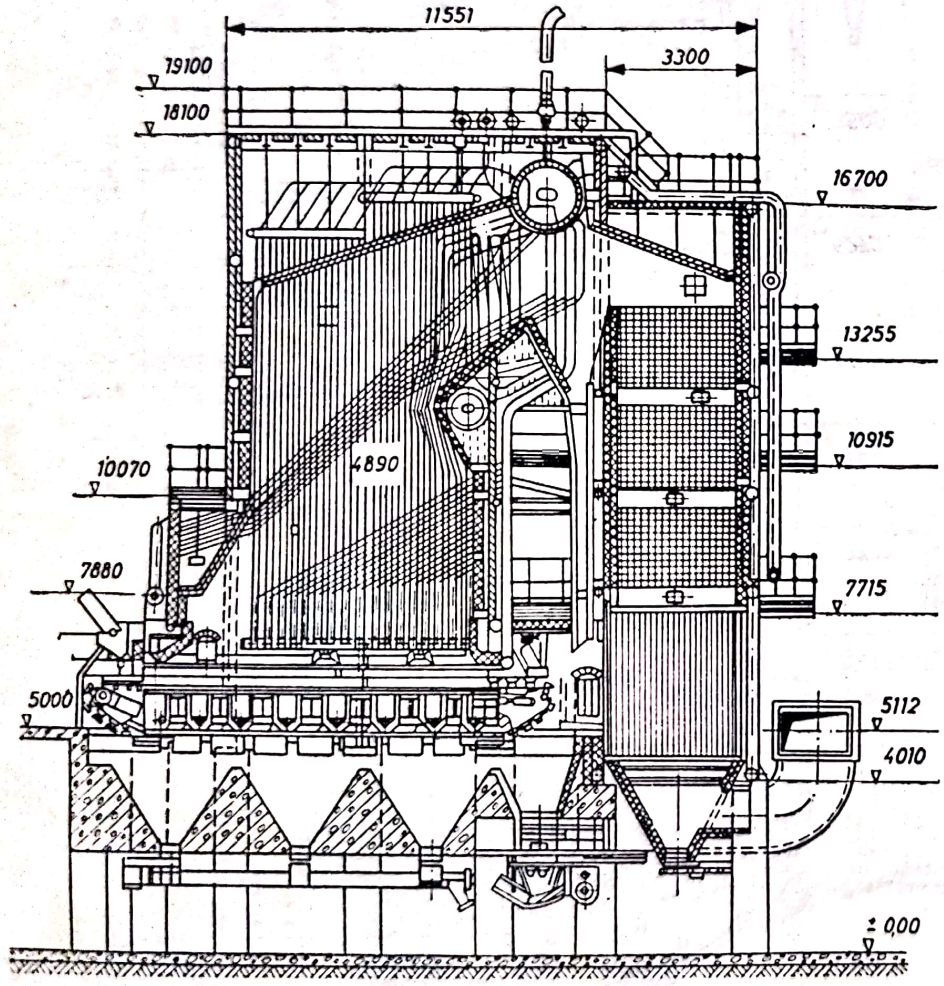


Fig. C.60. Cazan de abur CR-7.

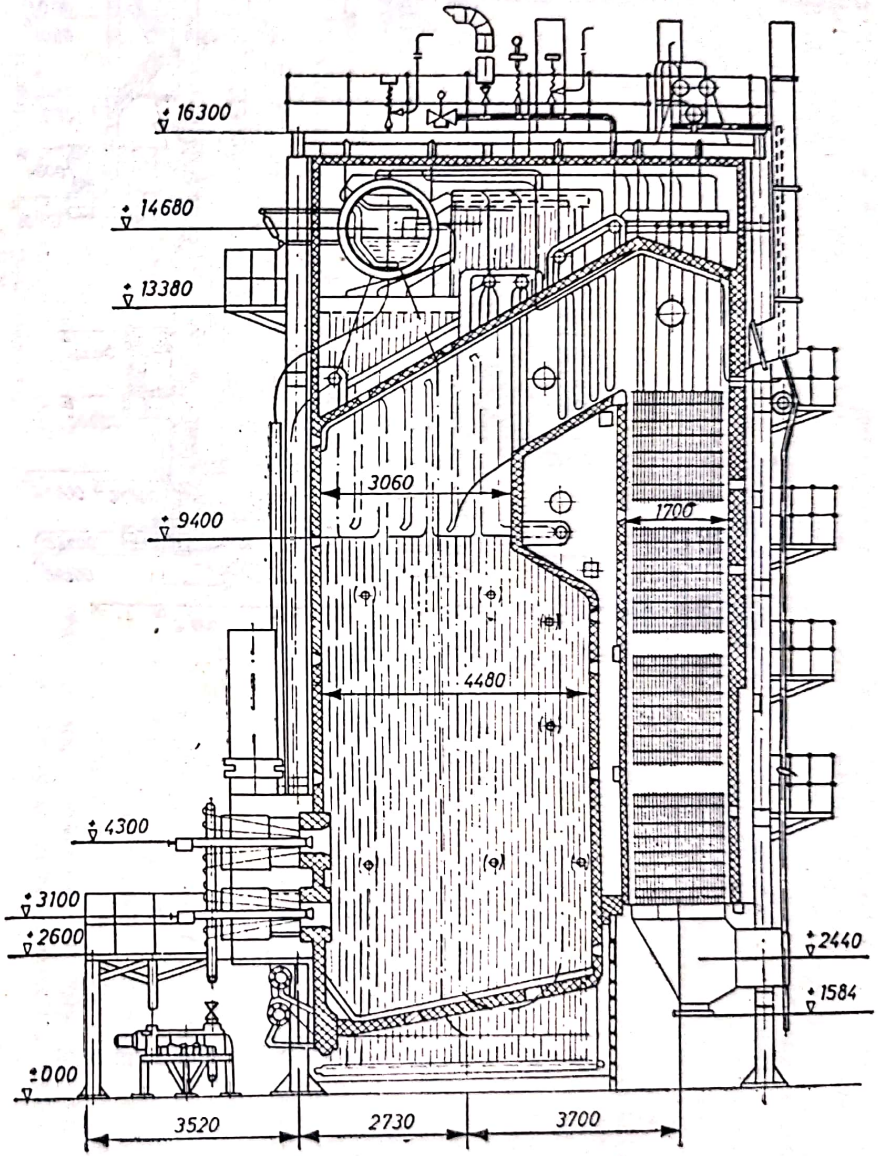


Fig. C.61. Cazan de abur C-3.

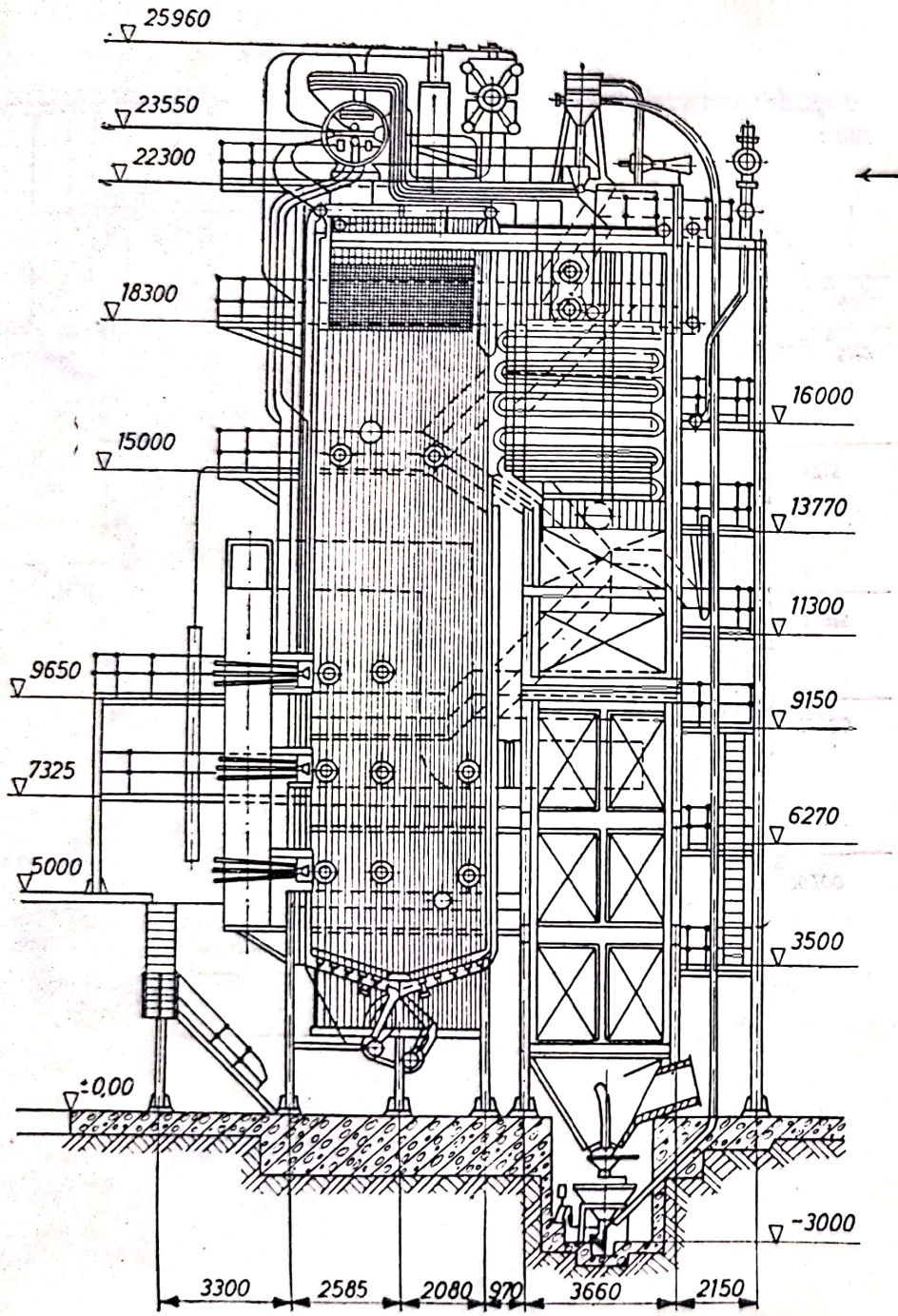
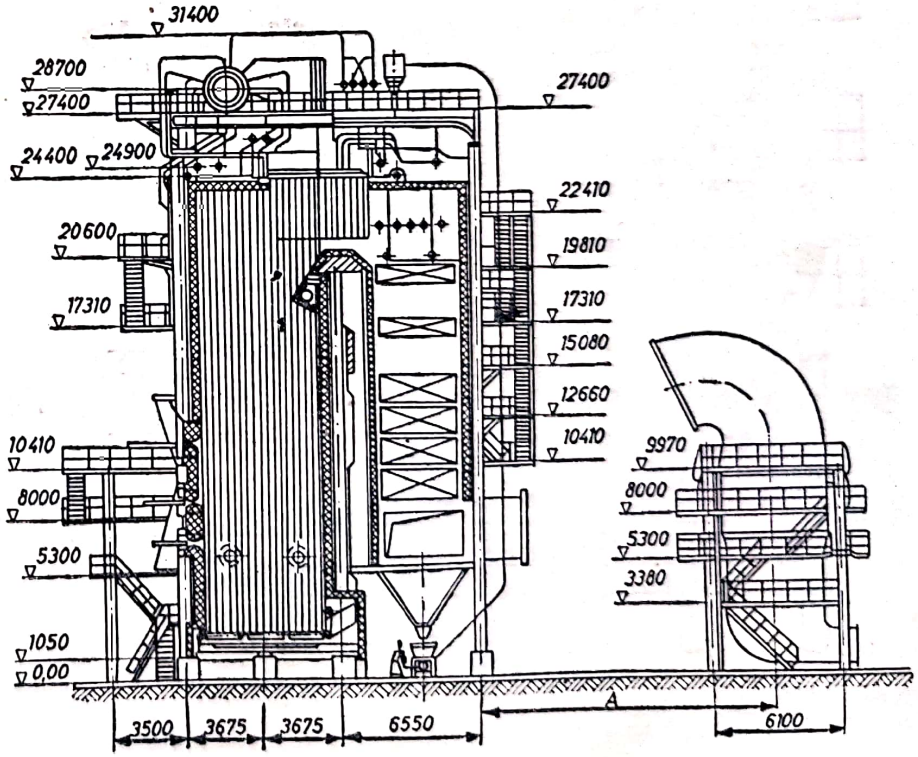


Fig. C.62. Cazan de abur C-2.

Fig. C.63. Cazan de abur C-4.



Scanned with OKEN Scanner

apei prin interiorul ţevilor devine nesigură sau chiar apar locuri de stagnare ce duc la explozii sau la avarierea c. Astfel, au apărut în jurul anilor 1923 generatoarele de abur cu circulaţie forţată multiplă de tip La Mont, iar apoi cele cu străbatere forţată de tipul Benson, Sulzer şi Ramsin. Principala deosebire între aceste două tipuri de c. rezultă din fig. C.64 şi C.65,

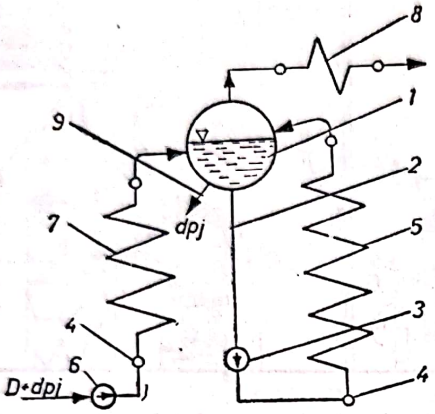


Fig. C.64. Schema circuitului apă-abur a cazanelor cu circulaţie forţată multiplă:
1 — tambur; *2* — ţevi coborîtoare; *3* — pompă de circulaţie; *4* — colector; *5* — sistem fierbător; *6* — pompă de alimentare; *7* — economizor; *8* — supraîncălzitor; *9* — purjă.

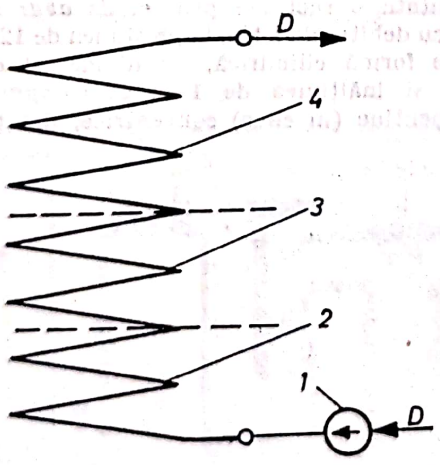


Fig. C.65. Schema circuitului apă-abur a cazanelor de abur cu străbatere forţată:
1 — pompă de alimentare şi de circulaţie; *2* — economizor; *3* — sistem fierbător; *4* — supraîncălzitor.

în care se prezintă schema circuitului apă-abur în cele două cazuri . În cazul c. de abur cu circulaţie forţată multiplă, pompa de circulaţie aspiră apa din tambur şi o împinge în sistemul vaporizator, de unde amestecul apă-abur intră în tambur în care are loc separarea apei de abur. Debitul de apă circulat în sistemul vaporizator D_a reprezintă un multiplu al debitului de abur produs D_{ab}, conform relaţiei $D_a = m \cdot D_{ab}$, unde m se numeşte factor de recirculaţie. La presiuni înalte şi foarte înalte, procesul de separare al apei de abur se înrăutăţeşte foarte mult, devenind chiar imposibil la presiunea critică, cînd diferenţa între densitatea apei la fierbere şi cea a aburului saturat uscat este nulă. În consecinţă, la presiuni de lucru mai ridicate decît presiunea critică, tamburul nu mai poate avea rolul de separator şi, de aceea, el se elimină din schema c. Apa introdusă de pompa de alimentare, care îndeplineşte şi rolul de pompă de circulaţie, străbate succesiv zona de economizor şi sistem vaporizator al c., unde se transformă în abur saturat, iar apoi se supraîncălzeşte în zona de supraîncălzire. Deci, la aceste c. o cantitate de apă este preîncălzită, vaporizată şi supraîncălzită într-o singură trecere. Ea este aceea care corespunde unui factor de recirculaţie $m=1$, deci debitului D_{ab}.

C. de abur cu recirculaţie forţată multiplă. În fig. C.66 se prezintă schema de principiu a c. de abur de tip La Mont. Amestecul apă-abur produs în ţevile de vaporizare intră în tambur, de unde aburul separat intră în supraîncălzitor, iar apa este recirculată de pompa de circulaţie care îi ridică pre-

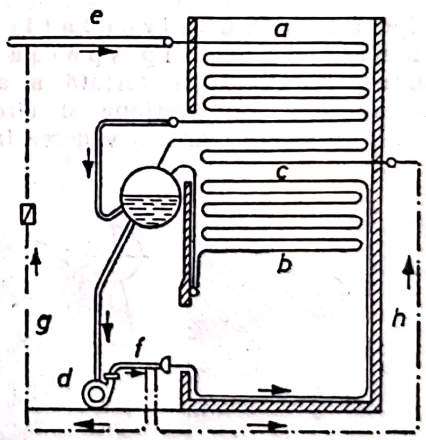


Fig. C.66. Schema de funcţionare a cazanului tip „La Mont":
a — economizor; *b* — vaporizator; *c* — supraîncălzitor; *d* — pompă de circulaţie; *e* — conductă de alimentare; *f* — conductă de refulare; *g* — conductă de recirculaţie; *h* — conductă de umplere cu apă a supraîncălzitorului la pornire.

siunea cu 2,5—3 bar. C. este echipat şi cu economizor de apă şi preîncălzitor de aer. Uniformizarea debitului de apă care circulă pe fiecare serpentină se realizează prin montarea unor ajutaje sau diafragme (fig. C.67) la începutul fiecărei ţevi vaporizatoare, care echi-

Scanned with OKEN Scanner

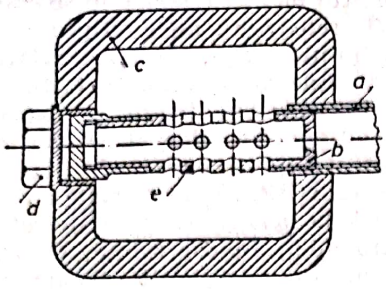


Fig. C.67. Montarea diafragmelor pentru echilibrarea căderilor de presiune în țevile vaporizatoare la cazanele de tip La Mont:
a — țeavă fierbătoare; *b* — diafragmă de laminare; *c* — colector; *d* — dop filetat; *e* — filtru.

librează căderile de presiune pe fiecare țeavă în parte. Suprafața de încălzire a **c.** este formată din serpentine de țevi așezate sub forma unui perete plan cu diametrul de 38/41,5 mm, legate în paralel și așezate una lîngă alta, fără spații între ele. Ele formează chiar pereții focarului (fig. C.68). **C.** de abur tip La Mont se construiesc de la debite de 2 t/h și presiuni medii de cca 40 bar pînă la debite de cca 1 900 t/h, cu presiuni de 130—180 bar și temperaturi ale aburului supraîncălzit pînă la 575°C. În fig. C.69 se prezintă secțiunea principală printr-un astfel de **c.** de abur La Mont cu debite mari.

C. de abur cu circulație forțată multiplă de tip special folosesc, alături de circulația forțată a apei și aburului, arderea sub presiune și circulația gazelor arse cu viteze mari, în vederea intensificării proceselor de ardere și de transfer de căldură. Se obține, astfel, o reducere importantă a gabaritului, respectiv a consumului specific de metal pe tona de abur. Un asemenea tip de **c.** de abur a fost conceput în 1912 de către inginerul roman Traian Vuia. În fig. C.70 este prezentată o secțiune prin **c.** *de abur saturat Vuia* cu debitul de 1 t/h, la presiunea de 12,7 bar. **C.**, de formă cilindrică, cu diametrul de cca 0,8 m și înălțimea de 1 m, se compune din 7 serpentine (în elice) concentrice, din țevi de

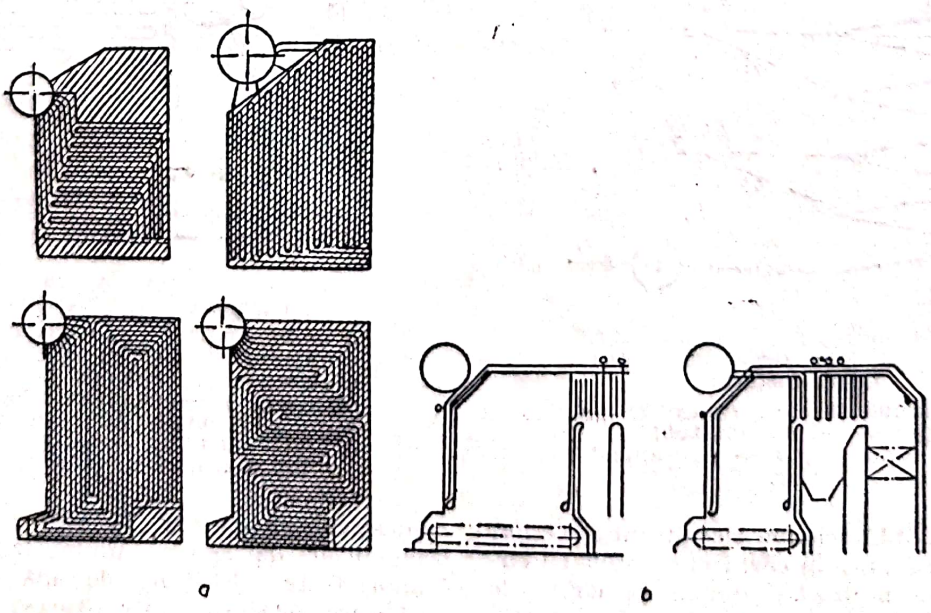


Fig. C.68. Dispunerea țevilor suprafeței de încălzire la cazanele de tip La Mont:
a — ecrane laterale; *b* — ecrane frontal și posterior.

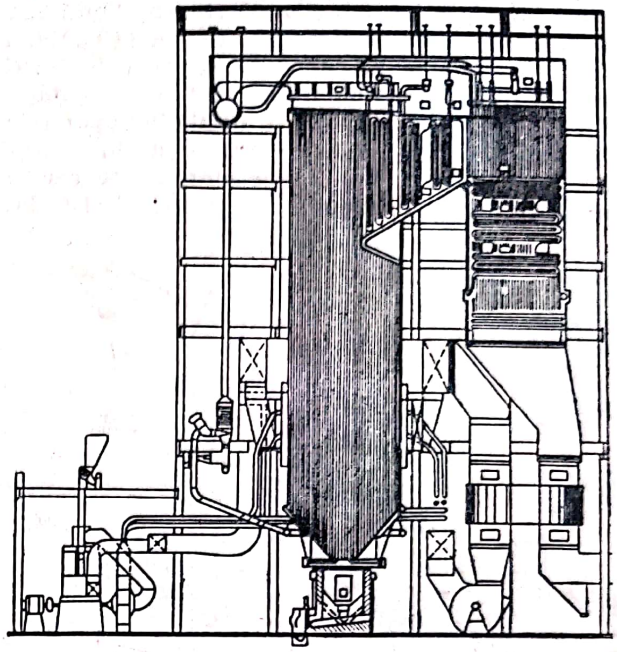


Fig. C.69. Cazan de abur La Mont pentru debite mari.

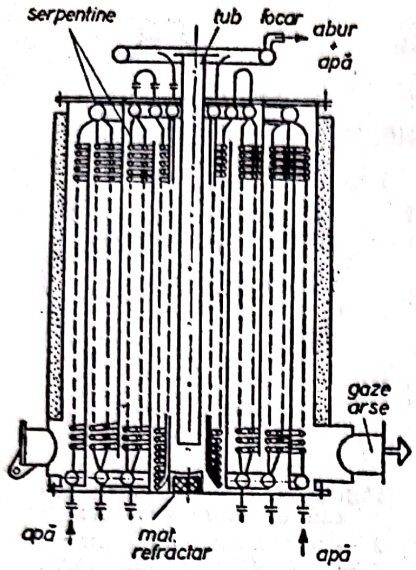


Fig. C.70. Secțiune printr-un cazan de abur Vuia.

oțel cu diametrul 20×2 mm, avînd suprafața de 23 m². Apa care se vaporizează și gazele arse circulă în contracurent. C. poate lucra cu combustibil gazos sau lichid. În timpul funcționării, tubul focar, construit din oțel refractar, devine incandescent, constituind o sursă sigură de aprindere. Amestecul corect dintre combustibil și aer, cît și temperatura ridicată din zona de ardere contribuie la desfășurarea unei arderi perfecte cu viteză mare. Din această cauză, încărcarea termică specifică focarului este cu de 100 ori mai mare decît aceea care se obține la focarele clasice. Arderea are loc în tubul focar la o suprapresiune de 3 000—7 000 N/m². Randamentul termic brut al acestui c. este de 94%, iar randamentul efectiv care ține seama de consumurile suplimentare de energie pentru circulația apei și aerului este cca 85%. Alt tip de c. de abur cu circulație forțată multiplă de construcție specială este c. *Velox*. Principiul este acela al obținerii unei încărcări termice specifice a suprafeței de schimb de căldură foarte mari, arderea avînd loc la o presiune mai mare decît cea atmosferică, iar gazele de ardere circulînd prin c. cu viteze foarte mari (100—200 m/s). Energia consumată pentru comprimarea aerului necesar arderii se recuperează prin destinderea gazelor arse într-o turbină de gaze. În fig. C.71 este prezentată secțiunea principală printr-un c. Velox. Aerul necesar arderii este debitat de turbocompresor la o suprapresiune de cca 3 bar și la temperatura de cca 160°C și condus la arzătoarele de combustibil gazos sau lichid, dispuse în partea superioară a camerei de ardere. Flacăra îndreptată de sus în jos transmite căldura, prin radiație, pereților țevilor de vaporizator, care formează peretele camerei de ardere. Gazele de ardere ies din focar și, în drumul lor ascendent, spală fasciculul de țevi al primului vaporizator. În continuare, ele se separă în două drumuri descendente paralele, care conțin, unul supraîncălzitorul, iar celălalt, al doilea vaporizator. Prin reglarea corectă a debitului gazelor

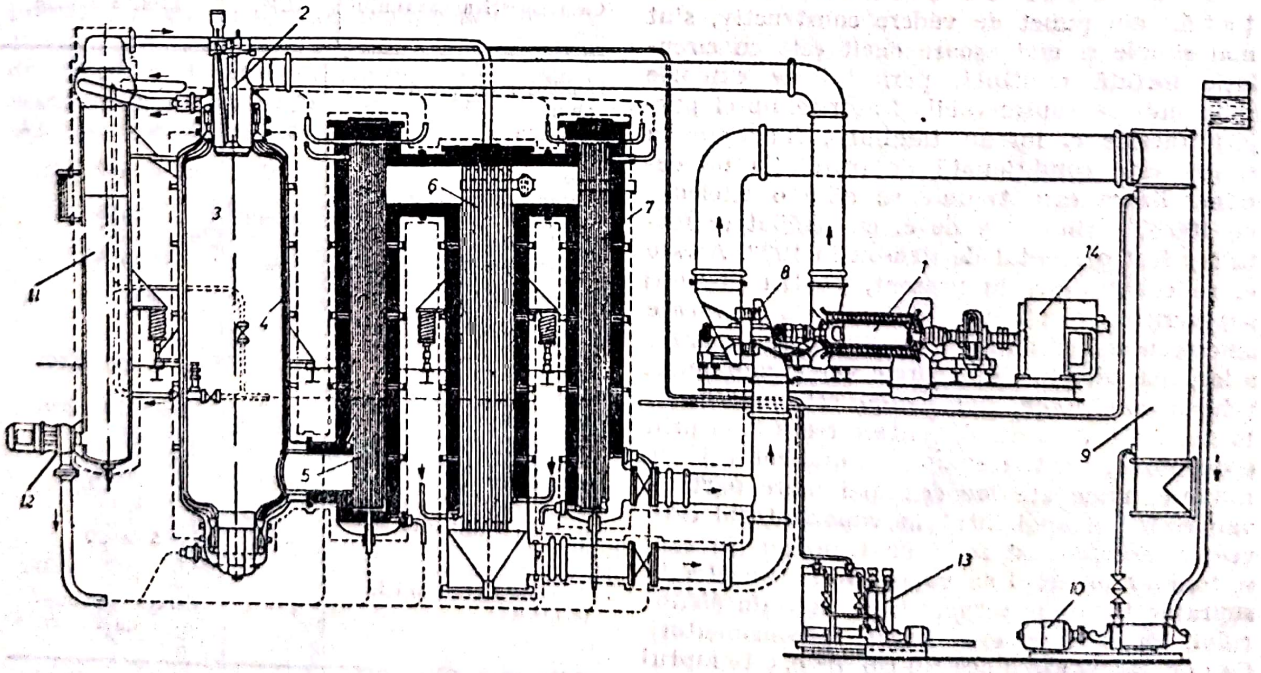


Fig. C.71. Cazan de abur Velox:
1 — compresor; *2* — arzător; *3* — focar; *4* — element vaporizator; *5, 7* — primul și al doilea vaporizator; *6* — supraîncălzitor; *8* — turbină cu gaze; *9* — economizor; *10* — pompă de alimentare cu apă; *11* — separator; *12* — pompă de circulație; *13* — pompă de combustibil; *14* — electromotor.

Scanned with OKEN Scanner

de ardere, care circulă printr-un canal sau altul, se poate regla temperatura de supraîncălzire a aburului. La părăsirea c. de abur propriu-zis, gazele de ardere au temperatura de cca 500—600°C și presiunea de cca 2,6 bar. Energia potențială a lor este parțial recuperată prin destinderea în turbina de gaze, cuplată direct cu compresorul de aer. Puterea dezvoltată prin destinderea gazelor în turbină pînă la presiunea de 1,1 bar și temperatura de cca 400°C echivalează aproximativ cu cea consumată de compresor. Recuperarea, în continuare, a căldurii conținută în gazele arse se face prin trecerea lor prin economizor, unde se răcesc pînă la cca 140°C. Apa de alimentare, pompată de o turbopompă, după ce trece prin economizor, este trimisă într-un cilindru separator, unde se combină cu amestecul apă-abur, introdus pe la partea superioară. Pompa de circulație împinge apa în elementele vaporizatoare, amestecul apă-abur fiind condus către cilindrul separator, care joacă rolul tamburului separator. De aici, aburul separat intră în supraîncălzitor și este trimis apoi spre utilizare. Pentru punerea în funcțiune a instalației de c. de tip Velox, operație ce necesită circa 7 minute, se folosește pentru pornirea compresorului un electromotor. Acesta, pe lîngă faptul că pornește compresorul, are rolul de a acoperi deficitul de putere al turbinei de gaze, în anumite regimuri de funcționare. C. de abur Velox se construiesc pentru debite de abur între 10—150 t/h, presiuni pînă la 75 bar și temperaturi de supraîncălzire pînă la 500°C.

C. de abur cu străbatere forțată, din punct de vedere constructiv, sînt mai simple și mai ușoare decît cele cu circulație forțată multiplă, pericolul de explozie reducîndu-se considerabil. Datorită lipsei purjării (aceste c. nu au tamburi), funcționarea sigură este condiționată de instalația de demineralizare care trebuie să aibe o eficiență de 100%. Primul tip de c. cu străbatere forțată a fost prezentat de Benson în 1923. Aceste c. se construiesc, în prezent, pentru presiuni supracritice, evitîndu-se dificultățile provocate amestecului apă-abur de tendința de separare a lor, mai ales în colectoarele vaporizatoarelor. Schema unui c. *de abur Benson* este prezentată în fig. C.72. Apa de alimentare trece întîi prin economizor, străbate apoi vaporizatorul de radiație, unde are loc cea mai mare parte a vaporizării și apoi intră în vaporizatorul convectiv, denumit și zonă de tranziție în care se termină procesul de vaporizare. Aburul este supraîncălzit în serpentinele supraîncălzitorului, după care este livrat la consumatori. Ca particularitate a acestui tip de c. este faptul că reglarea temperaturii aburului supraîncălzit se face prin acordarea corespunzătoare a raportului combustibil-apă, fără alte instalații suplimentare de reglare. În tabelul C.7 se

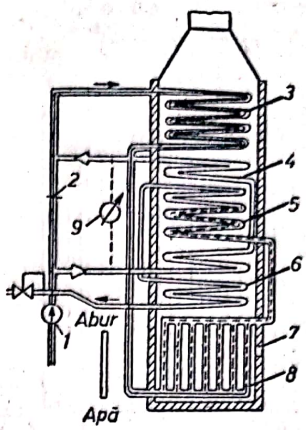


Fig. C.72. Schema unui cazan de abur Benson:
1 — pompă de alimentare; *2* — dispozitiv de laminare; *3* — economizor; *4* — suprafață de încălzire suplimentară; *5* — vaporizator rezidual; *6* — supraîncălzitor; *7* — arzător; *8* — vaporizator de radiație; *9* — termometru diferențial.

prezintă cîteva date generale ale c. Benson. În fig. C.73 sînt prezentate secțiunea și schema unui c. de 160 t/h abur, dotat cu focar ciclon vertical și cu evacuarea zgurii în stare lichidă. La ieșirea din acest c., aburul are presiunea de 186 bar și temperatura de 530°C. C. este

Tabelul C.7

Date generale referitoare la cazanele de abur Benson

Caracteristica cazanului	U.M.	Limite uzuale
Debitul nominal de abur	t/h	de la 20 la 1 745
Presiune	bar	de la 40 la 340
Temperatura de supraîncălzire	°C	pînă la 650 (545)
Diametrul exterior al țevilor	mm	32,38
Debitul de abur	kg/h	0,1
Căderea de presiune	bar	30 la 45
Temperatura gazelor în fața zonei de tranziție	°C	800
Entalpia amestecului apă-abur înaintea zonei de tranziție	kJ/kg	h —(150—300)
Idem după zona de tranziție	kJ/kg	h +(170—300)
Dimensiunile țevilor supraîncălzitorului intermediar	mm	16/10
Lungimea țevilor supraîncălzitorului intermediar	m	15 la 20
Locul de amplasare al supraîncălzitorului intermediar	—	înainte sau după zona de tranziție

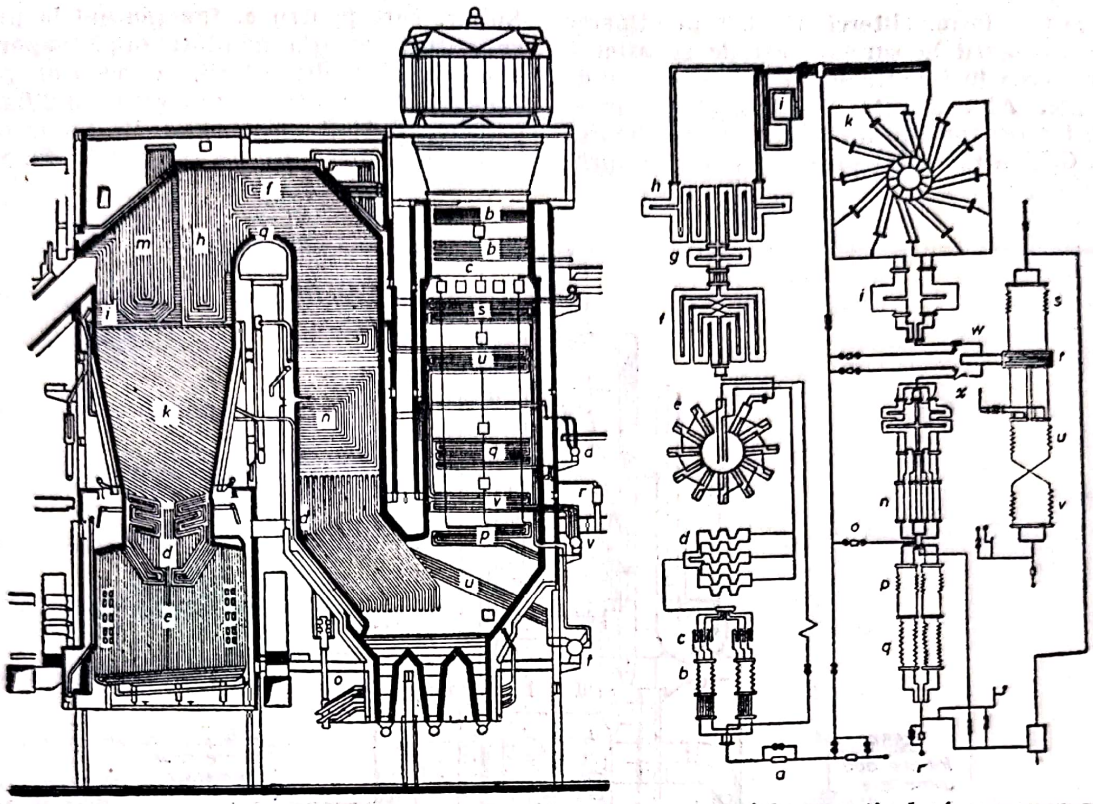


Fig. C.73. Cazan de abur de 160 t/h, prevăzut cu focar ciclon vertical și evacuarea zgurii în stare lichidă:

a — intrarea apei de alimentare; *b* — economizor; *c* — țevi de susținere; *d* — grătarul de reținere a zgurii; *e* — sisteme de țevi cu circulație ascendentă și descendentă; *f*, *h* — vaporizatoare I și II; *i* — centură de răcire; *k* — difuzor; *l* — prima treaptă a supraîncălzitorului; *m* — supraîncălzitor tip perdea; *n* — supraîncălzitor de radiație; *o* — injecție de apă III; *p*, *q* — supraîncălzitoare convective finale; *s*, *n*, *v* — supraîncălzitoare intermediare; *t* — schimbător de căldură; *w*, *x* — injecție de apă în vaporizator I și II.

prevăzut și cu un supraîncălzitor intermediar. În fig. C.74 este prezentat un c. Benson-MAN de 260 t/h, cu focar de evacuare lichidă a zgurii. Arzătoarele, montate la două nivele, sînt îndreptate spre pîlnia de evacuare a zgurii. fla-

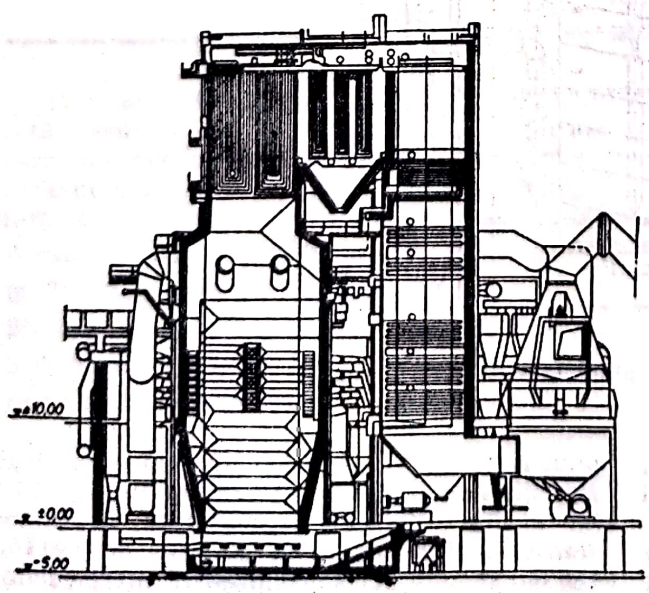


Fig. C. 74. Cazan de abur Benson — MAN.

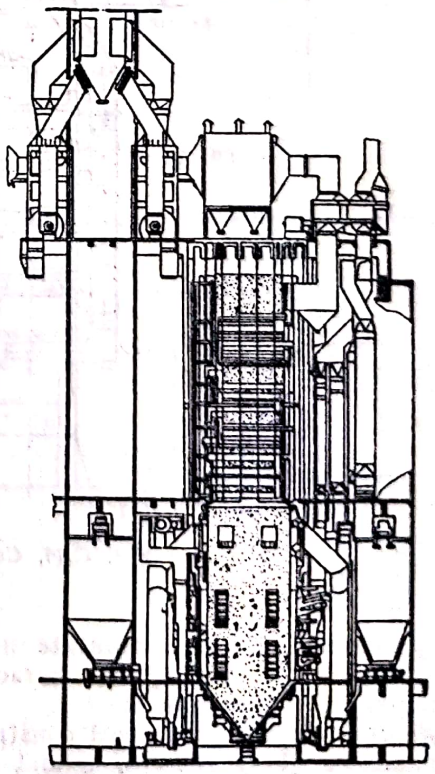


Fig. C.75. Cazan de abur Benson de 1035 t/h.

cără avînd forma literei U, iar menținerea fluidității zgurii la sarcini parțiale se asigură prin punerea în funcțiune a rîndului de jos de arzătoare. Aburul este livrat la 200 bar și 535°C, iar cel supraîncălzit la 55 bar și 353°C. În fig. C.75 și C.76 sînt prezentate secțiuni prin

Sulzer, care pentru c. funcționînd la presiune subcritică se află montate după vaporizator. Prin reglajul alimentării, se menține punctul final al vaporizării în separator, indiferent de sarcină, putîndu-se realiza în bune condiții reglarea temperaturii de supraîncălzire. Schema

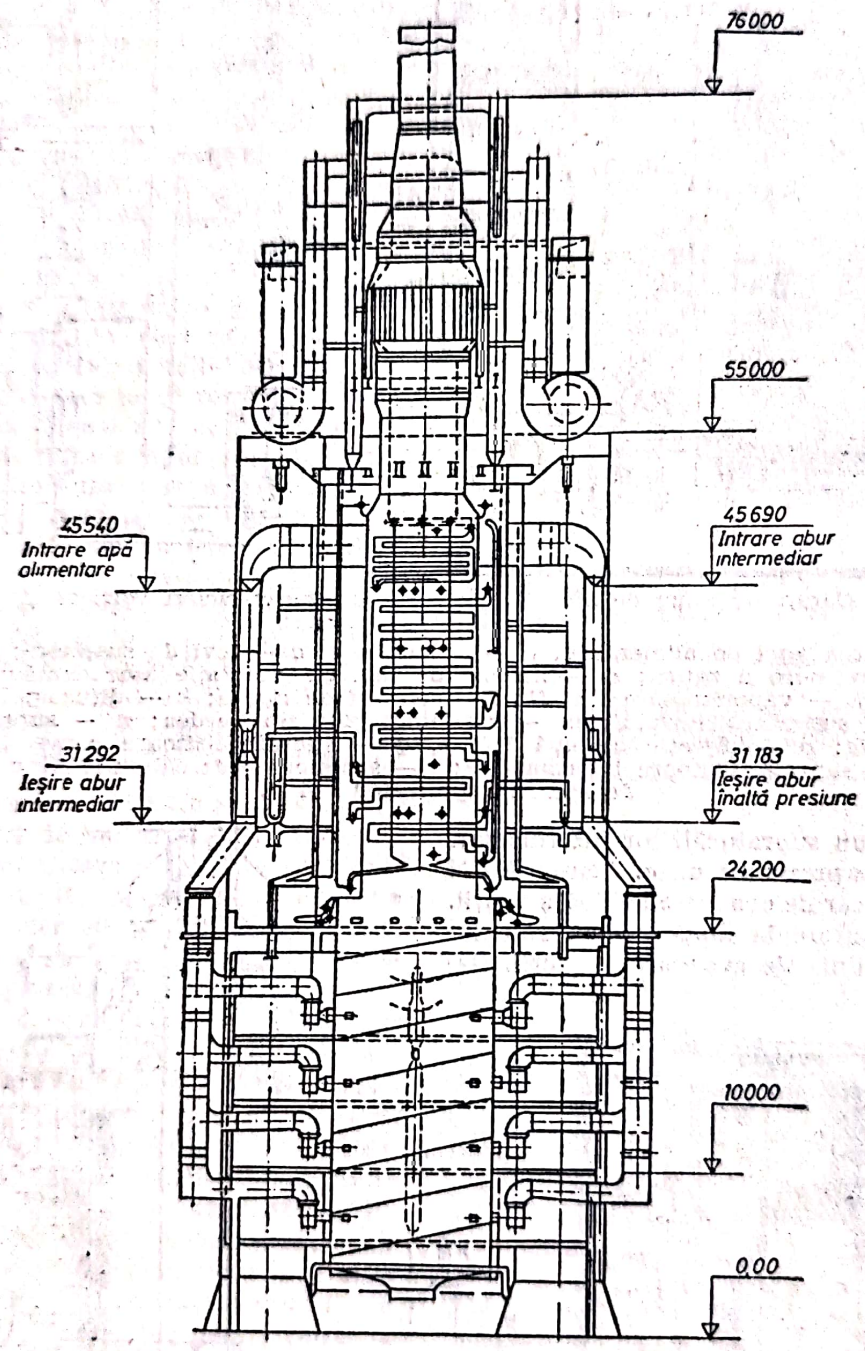


Fig. C.76. Cazan de abur Benson de 525 t/h.

c. de tip Benson, fabricate și montate în R.S.R., iar în tabelul C.8, principalele caracteristici constructive și funcționale ale lor.

C. *de abur Sulzer* au aceeași construcție și funcționare ca și c. Benson, numai că sînt dotate cu separatoare de apă, denumite butelii

unui astfel de c. monotubular, fără supraîncălzire intermediară este prezentată în fig. C.77, iar în fig. C.78 este reprezentată o secțiune transversală printr-un c. de abur de 430 t/h, 186 bar și 535°C, cu supraîncălzire intermediară, funcționînd cu cărbune.

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul C.8

Cazane de abur Benson fabricate și montate în R.S.R.

Tipul cazanului / Caracteristici	Benson-Dür (Fîntînele)	Benson-MAN (Işalniţa)	Benson-Babcock-Vulcan (Rovinari)	Vulcan (Palas, Anina)
Debit de abur [t/h]	400	510	1 035	525
Presiunea nominală a aburului [bar]	108	191	192	192
Temperatura aburului supraîncălzit [°C]	510	540	540	540
Temlperatura apei de alimentare [°C]	210	260	260	263
Natura combustibilului	gaze naturale	lignit, gaze naturale	cărbune și păcură	păcură, șisturi bituminoase
Suprafaţa sistemului fierbător [m²]	1 366	2 562	3 825	
Suprafaţa supraîncălzitorului [m²]	1 775	9 804	12 230	
Suprafaţa economizorului [m²]	2 068	9 945	20 948	
Suprafaţa preîncălzitorului de aer rotativ [m²]	21 580	14 365	76 400	
Diametrul exterior și grosimea ţevii [mm]:				
— fierbător	44,5×5; 38×5; 26,9×5	51×5,6; 44,5×5; 38×4,5 15 Mo3	31,8×4; 26,9×4,5 15 Mo3	
— supraîncălzitor	38×(3,6—4)	44,5×3,6; 38×(4—4,5—5——5,6—6,3)	44,5×6,3 38×6,3 13 CrMo 44	
— economizor	38×4	38×(4,5—4,63——5—5,14)	31,8×4,5	
Gabarit [m] (pînă la baza coşului)	18×18,1×53	26,9×11,3×47	51×33,4×92	

C. *de abur Ramsin* sînt **c.** cu străbatere forţată, asemănătoare cu celelalte **c.** de acest tip, care funcţionează la presiune subcritică. Se deosebesc de celelalte tipuri de **c.** cu străbatere forţată numai din punct de vedere constructiv. Aceste **c.** s-au construit pentru debite de la 30 la circa 1 000 t/h, cu presiuni de la 30 la 250 bar și temperaturi de supraîncălzire cuprinse între 420 și 585°C, majoritatea fiind prevăzute cu supraîncălzire intermediară. În fig. C.79 este prezentată schema funcţională a unui **C.** Ramsin de 270 t/h abur și 138 bar și 570°C, cu supraîncălzire intermediară la 32 bar și 570°C, combustibilul fiind cărbune.

C. de apă fierbinte (supraîncălzită). Pentru încălzirea spaţială urbană sau industrială, se

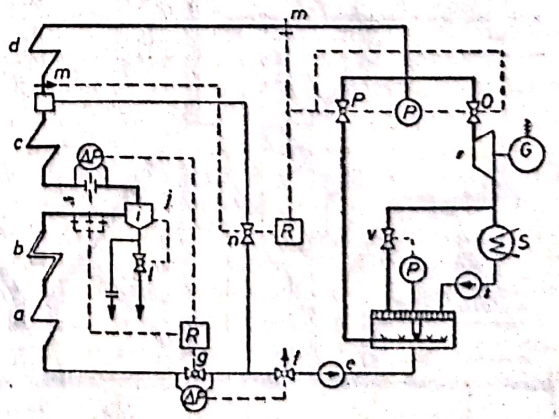


Fig. C.77. Schema unui cazan de abur Sulzer, monotubular, fără supraîncălzire intermediară: *a* — economizor; *t* — pompa condensatorului; *e* — pompa de alimentare; *f*, *g* — ventile de reglare; *i* — separator de picături.

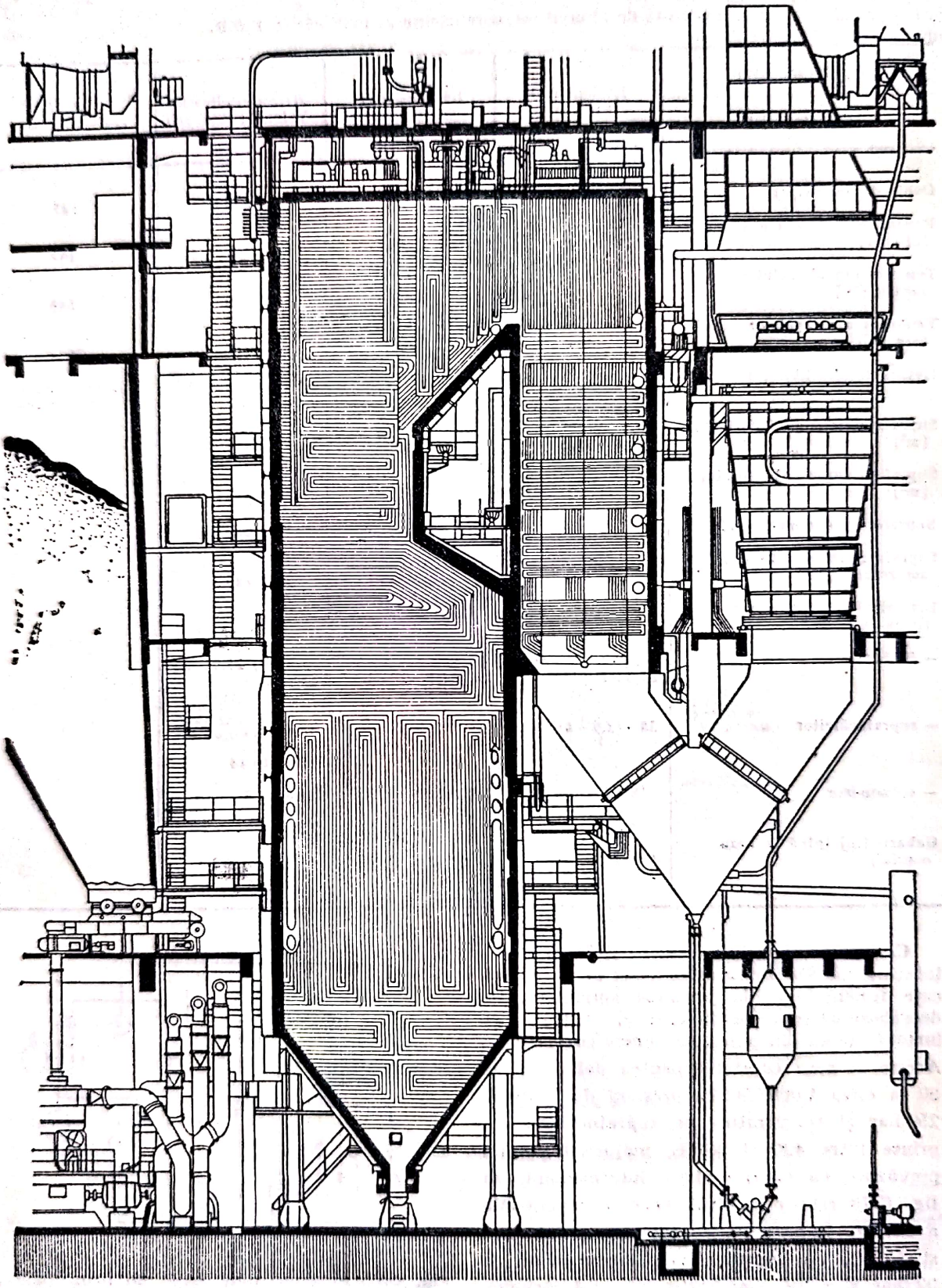


Fig. C.78. Secțiune transersală printr-un cazan de abur Sulzer de 430 t/h, 186 bar și 535°C, cu supraîncălzitor intermediar.

Scanned with OKEN Scanner

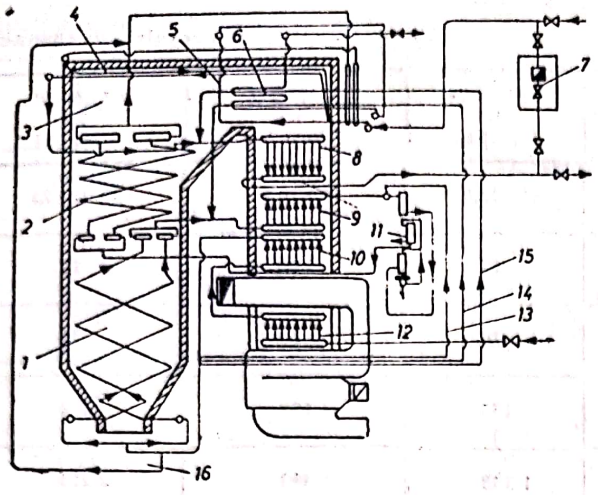


Fig. C.79. Schema circuitului apă-abur al cazanului de abur K-24-82C:

1, 2, 3 — suprafeţe de radiaţie (inferioară, medie şi superioară); *4* — ţevile de plafon; *5, 6* — supraîncălzitorul intermediar — treapta I şi II; *7* — instalaţie de reducere — răcire; *8* — pachetul convectiv al supraîncălzitorului de înaltă presiune; *9* — zonă de tranziţie; *10, 12* — economizor — treapta I şi II; *11* — instalaţie de separare; *13, 14, 15* — injecţie de apă I, II, III; *16* — şunt şi injecţie de apă.

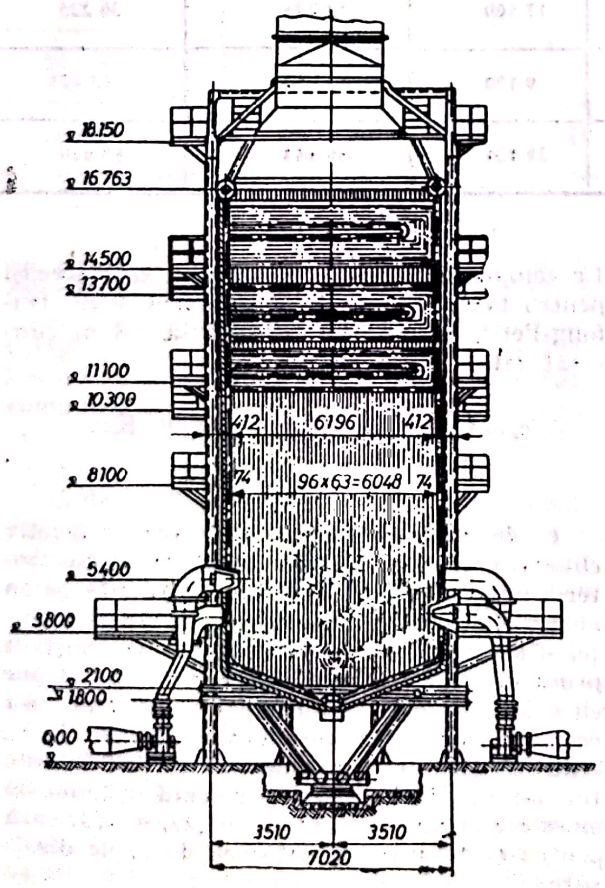


Fig. C.80. Cazan pentru apă fierbinte CAF 4 — 100 Gcal/h.

construiesc c. de apă caldă (sub 100°C) sau apă fierbinte (peste 100°C), care funcţionează pe principiul c. cu străbatere forţată. C. de apă fierbinte se împart în două grupe: a) cu debite de căldură pînă la 6 Gcal/h ($5{,}82 \cdot 10^3$ kW); b) cu debite de căldură de 10—100 Gcal/h ($11{,}63 \cdot 10^3$ kW — 116,3 kW). Din prima categorie fac parte c. utilizate pentru încălzirea clădirilor sau a halelor industriale, care prepară fie apă caldă (90°C), fie apă fierbinte (150°C). A doua grupă de c. de apă fierbinte (CAF), utilizată în centralele electrice de termoficare sau în centralele termice de CAF, sînt de tip turn cu un singur drum al gazelor arse (fig. C.80). Focarul este realizat din pereţi-membrană care sînt izolaţi în exterior cu un strat de vată minerală, protejată mecanic cu o carcasă metalică din tablă de oţel. Datorită existenţei pereţilor-membrană, focarul c. lucrează în suprapresiune, ceea ce elimină pericolul pătrunderii de aer fals şi nu are nevoie de exhaustor de gaze arse. În partea superioară a focarului sînt amplasate fasciculele convective, formate din serpentine de ţevi. Aceste c. funcţionează cu gaze naturale, păcură, combustibil de calorifer, iar în ultimul timp s-au proiectat şi c. de apă fierbinte funcţionînd cu cărbune. În tabelul C.9, sînt date principalele caracteristici funcţionale şi constructive ale c. de apă fierbinte fabricate în R.S.R., cu debitul caloric cuprins între 10 şi 100 Gcal/h.

CĂLDURĂ. Formă de schimb de energie dezordonată între două sisteme termodinamice, care apare datorită existenţei unui potenţial termic între ele. Deci, cantitatea de c. este energia transmisă de la un corp la altul, în timp ce acestea sînt în contact (fie direct, fie prin intermediul unui alt corp) sau fără contact, prin radiaţie termică. Din punct de vedere cinetico-molecular, prin c. se înţelege integrala lucrului mecanic microscopic, corespunzătoare mişcărilor şi interacţiunilor dezordonate ale moleculelor unui corp cald cu cele ale unui corp rece. Mecanismul transferului de energie prin contact rezidă în faptul, că particulele corpurilor în contact, schimbînd energie în cursul ciocnirilor (mutuale) dintre ele, conduc la un transfer de energie care se produce de la particulele corpului mai cald la particulele corpului mai rece. Deci, în acest caz, în locul variaţiei de energie pe seama efectuării unui lucru mecanic (macroscopic-ordonat) se ajunge la acelaşi efect prin transferul de energie de la un corp la altul, pe seama mişcării şi interacţiunii dezordonate a particulelor elementare. Experienţa arată, că la interacţiunile termice dintre corpuri cu temperaturi diferite ale unui sistem fizico-chimic, interacţiuni care au loc fără transformări sau produceri de energie mecanică, electrică sau magnetică şi fără transformări chimice, variaţia între

Caracteristicile principale ale cazanelor

Tipul / Caracteristici și dimensiuni		CAFM 7* 10 [Gcal/h]	CAF 7 A 10 [Gcal/h]	CAFM 6* 25 [Gcal/h]
Debitul nominal [kW]		11 627,9	11 627,9	29 069,75
Presiunea maximă a apei la ieșire [bar]		17	20	17
Temperatura apei de alimentare la sarcină nominală [°C]		70	70	70
Temperatura de ieșire a apei la sarcină nominală [°C]		150	150	150
Natura și consumul de combustibil	gaze naturale [m³/h]	1 338	1 300	3 250
	păcură [kg/h]	1 235	1 140	3 030
Suprafață de schimb de căldură	convectiv [m²]	245	340	802
	radiant [m²]	75,7	55	102
Randament termic teoretic (de calcul) [%]		88,2	88	89,1
Greutate	metal sub presiune [kg]	17 500	13 795	36 225
	partea nemetalică [kg]	9 120	12 000	13 425
	Total [kg]	39 030	56 683	96 650

* Cazan de apă fierbinte modernizat

cele două limite date a temperaturii unui corp, ales ca etalon, este compensată întotdeauna de o variație în sens contrar temperaturii celorlalte corpuri. Produsul dintre masa corpului etalon, variația sa de temperatură și un coeficient, denumit **c. specifică** (capacitate calorifică), care depinde de natura corpului, se numește *cantitate de c.* (sau căldură). Această cantitate de c. este pozitivă sau negativă, după cum c. trece de la sau către celelalte corpuri la etalon și invers. **C.** se numește *sensibilă*, dacă primirea sau cedarea ei de către un corp îi provoacă acestuia o variație a temperaturii (așa cum s-a arătat mai sus) și *latentă*, dacă primirea sau cedarea ei provoacă numai o variație a stării de agregare a corpului la temperatură constantă. În acest caz, cantitatea de c. este egală cu produsul dintre masa corpului și c. latentă specifică transformării respective (c. latentă de topire, vaporizare, condensare etc.).

În tehnică, se utilizează următoarele definiții pentru c.:

C. atomică este produsul dintre masa atomică a unui element și c. lui specifică.

La temperaturi înalte, c. atomică este aceeași pentru toate elementele și, conform legii Dulong-Petit, c. specifică atomică la volum constant este:

$$c_v = \left(\frac{dV_M}{dT}\right)_v = 3R_M \simeq 29 \text{ J/mol} \cdot \text{K} \simeq$$

$$\simeq 6 \text{ cal/mol} \cdot \text{K}$$

C. de amestec este c. absorbită, respectiv eliberată, atunci cînd se amestecă izobar-izoterm unitatea de masă dintr-o substanță cu un lichid. Valoarea ei depinde de natura substanței și a lichidului care poate fi pur sau obținut printr-un amestec prealabil al unui lichid pur cu substanța care se amestecă cu el. Noțiunea de c. de amestec se întrebuințează, de obicei, cînd substanța care se amestecă cu lichidul este tot un lichid. Pentru cazul cînd lichidul se amestecă cu un solid sau cu un gaz, se utilizează pentru c. de amestec noțiunea de c. de dizolvare.

C. de combustie sau de ardere se dezvoltă cînd se arde, în anumite condiții, un compus sau

Scanned with OKEN Scanner

pentru apa fierbinte fabricate în R.S.R. *Tabelul C.9*

CAF 6 25 Gcal/h	CAFM 5* 50 Gcal/h	CAF 5 50 Gcal/h	CAFM 4* 100 Gcal/h	CAF 4 100 Gcal/h
29 069,75	58 139,5	58 139,5	116 279	116 279
20	17	20	17	20
70	70/104**	70/104**	70/104**	70/104**
150	150	150	150	150
3 230	6 475	6 490	12 800	12 700
2 825	6 070	5 630	11 940	11 000
355	1 157,5	1 527,4	2 915	4 200
108	155,5	157,9	330	660
88,6	88,97	88,9	90	90
36 432	33 356,4	65 630	111 257	180 790
20 878	26 125	8 460	33 231	41 300
438 527	175 738	164 297	292 563	344 300

** Regim de bază/regim de vîrf

un element chimic. Se determină cu bomba calorimetrică tip Berthelot și se măsoară, în chimie, în kcal/mol (pentru acidul benzoic $C_6H_5CO_2H$, **c.** de ardere molară este de 771,4 kcal/mol), iar în tehnică, în kJ/kg, sau în cazul combustibililor gazoși, în kJ/m^3 (ex.: acidul benzoic are **c.** de combustie de 26,44 $\cdot 10^3$ kJ/kg, iar gazul natural, circa 40 $\cdot 10^3$ kJ/m^3).

C. de dizolvare este **c.** absorbită sau cedată, cînd se dezvoltă izobar-izoterm o unitate de substanță (dizolvat) într-un dizolvant (solvent). Valoarea ei depinde de presiune, temperatură, natura substanței dizolvate, natura dizolvantului și concentrația soluției, avînd o valoare pentru dizolvarea în solvent pur și altă valoare, cînd dizolvarea se face într-o soluție concentrată pînă la saturarea acesteia. Prin definiție, la formarea unei soluții ideale nu se degajă sau nu se consumă energie, deci **c.** de dizolvare este nulă. De asemenea, nu se degajă sau nu se consumă **c.** la diluarea unei soluții ideale cu același solvent. Formarea unei soluții ideale se datorește deci, exclusiv factorului entropic, tendinței spre o mai mare dezordine și împrăștiere a dizolvantului în solvent. Afară de acești factori, în cazul a două lichide *A* și *B*, mai trebuie luate în seamă interacțiunile între *A* și *A*, între *B* și *B* și între *A* și *B*. Astfel, cristalele cu rețele moleculare, ca hidrocarburile solide (parafina sau naftalina), sînt solubile în hidrocarburi ca hexanul sau benzenul. În acest caz, forțele de atracție dintre moleculele dizolvatului (solutului), fiind de aceeași natură ca forțele dintre moleculele dizolvantului, forțe Van der Waals, dizolvarea constă în formarea de legături între moleculele solventului și solutului, simultan desfăcîndu-se un număr egal de legături în solut și solvent. De aceea, dizolvarea are loc fără o variație apreciabilă a entalpiei ΔH. Hidrocarburile nu sînt solubile în apă, pentru că moleculele apei sînt unite între ele prin legături de hidrogen, în timp ce moleculele hidrocarburilor sînt unite prin forțe Van der Waals. Din cauza naturii diferite a acestor forțe, nu se pot forma legături între moleculele dizolvantului și ale dizolvatului. În cazul zaharozei, moleculele sînt unite între ele prin legături de hidrogen. La

dizolvarea în apă, se desfac legăturile de hidrogen dintre moleculele de zaharoză și dintre moleculele apei (procese endoterme) și se refac legături de hidrogen noi între moleculele de zaharoză și moleculele apei (procese exoterme). Formarea de legături slabe între moleculele solventului și ale substanței ce se dizolvă se numește *solvatare* sau în cazul în care solventul este apa, *hidratare*. Cristalele cu rețele ionice, cum sînt clorura de sodiu, se dizolvă în apă datorită solvatării ionilor lor cu moleculele de apă. Și în acest caz, c. de dizolvare măsurată este rezultatul a două efecte antagoniste: desfacerea rețelei cristaline în ioni (proces endoterm, ΔH pozitivă) și solvatarea ionilor (proces exoterm, ΔH negativă). În tabelul C.10 sînt date c. de dizolvare ale cîtorva electroliți în apă foarte multă.

Tabelul C.10

Căldurile de dizolvare, în kJ/mol, de dizolvat (solut) în apă de 25°C

Substanța	H_2O [moli]	ΔH°_{298} [kJ/mol]
HCl	200	−74,25
HNO_3	200	−32,85
NH_4NO_3	200	+25,45
NaCl	200	+ 4,27
Na_2SO_4	400	− 1,51
$Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$	390	+79,61
KNO_3	400	+34,65
$CaCl_2$	400	−80,78
$CaCl_2 \cdot 6H_2O$	394	+14,23
$CuSO_4$	800	−68,77
$CuSO_4 \cdot 5H_2O$	795	+10,13

Diluarea soluțiilor concentrate ale sărurilor este un proces exoterm, așa cum rezultă din exemplele date în tabelul C.11. **C. de diluare** se datorește faptului că în soluție concentrată, ionii există sub forma de perechi de ioni sau de alte forme asociate, similare celor din rețeaua cristalină. Prin diluare, acestea disociază (ΔH_{diz}, pozitivă), iar ionii individuali formați se solvatează (ΔH_{diz}, negativă), ultimul efect predominînd.

C. de formare (entalpia de formare) este c. sau entalpia de reacție la formarea unui mol de substanță din elementele componente. Entalpia de formare a apei lichide este cantitatea de c. care corespunde ecuației termochimice:

$$H_{2(g)} + \frac{1}{2} O_{2(g)} = H_2O_{(l)};\ \Delta H_f = -286\ \text{kJ/mol}.$$

Tabelul C.11

Căldurile de diluare ΔH_{diz} (la 18°C) ale unor soluții ce conțin 10 moli H_2O la 1 mol sare

SAREA	Moli H_2O/1 mol de sare					
	10	50	100	200	400	800
K_2CO_3	0	− 0,5	− 1,71	− 2,51	− 3,14	−
$MgCl_2$	0	−13,4	−14,65	−15,48	−15,9	−16,32
$CuCl_2$	0	−13,8	−16,74	−18,83	−	−

Prin **c. de formare în stare standard** se înțelege c. de formare la starea definită de temperatura de 25°C și presiunea de 1 Atm, simbol H°_{f298}. Exemplu: pentru apă (lichid) $H^\circ_{f298} = 286$ kJ/mol; pentru oxidul de fier (magnetita Fe_3O_4) $H^\circ_{f298} = 1\,117{,}11$ kJ/mol; pentru bioxid de carbon (gaz) $H^\circ_{f298} = 393{,}64$ kJ/mol.

C. de formare din atomi (ΔH_{fa}) se definește ca fiind energia degajată la formarea unei substanțe din atomii liberi ai elementelor componente. Deoarece sintezele directe din atomii liberi sau din descompunerile cantitative ale substanțelor pînă la atomii liber nu se pot realiza practic (deoarece ei nu sînt stabili în condiții standard), c. de formare din atomi a unei substanțe se determină în mod indirect. În tabelul C.12 se dau c. de formare a unor atomi în stare gazoasă din elemente la starea standard, în kJ/atom · g.

Tabelul C.12

Căldurile de formare (energiile) ΔH_{fa} a unor atomi, în stare gazoasă, din elemente în stare standard

Corpul	Căldura de formare din atomi [kJ/atom · g]	Corpul	Căldura de formare din atomi [kJ/atom · g]	Corpul	Căldura de formare din atomi [kJ/atom · g]
H	218,06	C	715,3	O	247,78
Li	159,05	Si	439,5	S	238,57
Na	108,82	N	471,29	F	76,68
K	89,15	P	315,17	Cl	121,38

C. de neutralizare este c. dezvoltată în timpul unui proces chimic de neutralizare. Este independentă de natura substanțelor care reacționează, dar depinde de gradul lor de disociere. Se cunoaște, că în soluție apoasă diluată acizii tari sînt practic complet ionizați (de exemplu: un acid tare AH_3O există sub formă de ioni H_3O^+ și A^-). De asemenea, în soluție diluată și bazele tari sînt complet ionizate (ex.: NaOH există numai sub formă de ioni Na^+ și OH^-). Reacția care are loc efectiv la neutralizarea unui acid tare cu o bază tare, în soluție diluată, duce la formarea a două molecule covalente de apă:

$$H_3O^+ + OH^- \rightarrow H_2O + H_2O$$

În această reacție nu sînt trecuți ionii A^- și Na^+, fiindcă nu iau parte la reacție. Această interpretare a reacției de neutralizare explică

faptul că entalpia (căldura) de neutralizare a unui acid tare cu o bază tare în soluție apoasă diluată este întotdeauna $\Delta H = -57{,}34$ kJ/echivalent de acid sau bază (la 20°C), independent de natura acidului sau a bazei. C. de neutralizare ale acizilor slabi și ale bazelor slabe sînt mai mici (neutralizarea este incompletă). De exemplu, la neutralizarea $H_2S + NaOH$, $\Delta H = -32{,}23$ kJ/mol. De asemenea, sînt diferite de valoarea 57,34 kJ, c. de neutralizare ale acizilor tari și ale bazelor tari în absența apei.

C. de reacție este cantitatea de c. degajată sau absorbită în cursul unei reacții chimice Cînd reacțiile sînt endoterme, se absoarbe c, iar cînd reacțiile sînt exoterme, se degajă c. Marea majoritate a reacțiilor chimice au loc la presiune constantă, de aceea cantitatea de c. degajată sau absorbită în asemenea reacții este identică cu variația entalpiei, ΔH^r, în cursul reacției. De aceea, c. de reacție la presiune constantă poartă numele de *entalpie de reacție*. Între c. de reacție la presiune constantă, ΔH^r și c. de reacție la volum constant, ΔU^r, relația este: $\Delta H^r = \Delta U^r + p\Delta V$, în care ΔV este variația volumului cînd reacția are loc la presiune constantă p. Dacă la reacție iau parte numai substanțe solide sau lichide, variația de volum ΔV este, de obicei, atît de mică, încît valoarea termenului $p\Delta V$ poate fi neglijată, astfel că ΔH^r și ΔU^r pot fi considerate egale în limitele erorilor experimentale. Dacă însă la reacție participă gaze și are loc o variație a numărului de moli de componente gazoase din reacție, între ΔH^r și ΔU^r apare o diferență. Dacă n_1 reprezintă numărul de moli de reactanți gazoși și n_2 este numărul de moli de produși gazoși, atunci variația numărului de moli în reacție va fi $n_2 - n_1 = \Delta n$. Dacă V_M este volumul unui mol de gaz la temperatura și presiunea considerată, atunci variația totală a volumului ΔV_M în cursul reacției va fi $V_M \cdot \Delta n$, iar ecuația de mai sus devine: $\Delta H^r = \Delta U^r + pV_M \cdot \Delta n$; dacă gazele se comportă ca un gaz perfect, $p \cdot V_M = R_M \cdot T$ și deci: $\Delta H^r = \Delta U^r + R_M \cdot T \cdot \Delta n$; astfel, diferența între ΔH^r și ΔU^r poate fi ușor calculată. În reacțiile care decurg fără variația numărului de moli, $\Delta n = 0$ și, deci, $\Delta H^r = \Delta U^r$. C. (entalpia) de reacție se raportează la o anumită reacție reprezentată printr-o ecuație termochimică, decurgînd de la stînga la dreapta, la o temperatură ce trebuie indicată, deoarece ΔH^r variază cu temperatura. De exemplu:

$$2H_{2(g)} + O_{2(g)} = 2H_2O_{(l)},$$
$$\Delta H^r_{298} = -2 \times 286 \text{ kJ/mol};$$
$$C_{(l)} + O_{2(g)} = CO_{2(g)},$$
$$\Delta H^r_{298} = -393{,}64 \text{ kJ/mol};$$
$$HCl_{(a_q)} + NaOH_{(a_q)} = NaCl_{(a_q)} + H_2O_{(l)},$$
$$\Delta H^r_{298} = -57{,}34 \text{ kJ/mol}.$$

S-a notat convențional căldura degajată, deci pierdută de sistem cu semnul minus, iar cea absorbită sau consumată, cu semnul plus. Simbolurile (s), (l) și (g) se referă la starea solidă, lichidă sau gazoasă în care se găsesc substanțele ce iau parte la reacție. Simbolul (a_q) exprimă faptul că substanța respectivă se află în soluție apoasă diluată, și anume, atît de diluată, încît adăugarea de apă nu se mai produce cu o degajare sau absorbție de căldură.

Entalpia unei reacții ΔH^r este egală cu diferența între suma entalpiilor produșilor de reacție și suma entalpiilor reactanților (toate măsurate la aceeași presiune și temperatură), adică:

$$\Delta H^r = \Sigma H_{produși} - \Sigma H_{reactanți}.$$

Deoarece valorile absolute ale entalpiilor diferitelor substanțe sînt în general greu de determinat, se preferă, de obicei, determinarea directă, experimentală a entalpiilor (căldurilor) de reacție, determinarea făcîndu-se cu ajutorul calorimetrelor.

C. latentă este c. absorbită sau cedată de unitatea de cantitate dintr-un corp, sau dintr-un sistem de corpuri, într-o transformare de fază efectuată la temperatură și presiune constantă. În funcție de natura transformării de fază, se disting mai multe tipuri de c. latente.

C. latentă de condensare este c. cedată la trecerea izobar-izotermă a unei substanțe din faza gazoasă în faza lichidă.

Prin analogie, se definește drept c. latentă de solidificare cantitatea de c. cedată la trecerea izobar-izotermă din faza lichidă în faza solidă a unei substanțe.

De asemenea, c. latentă de topire este c. absorbită la trecerea izobar-izotermă a unei substanțe din faza gazoasă în faza lichidă (la solidificare, substanța cedează mediului exterior o cantitate de c. egală cu cea absorbită la topire). În tabelul C.13 se dau c. latente la topire a cîtorva substanțe.

Tabelul C.13

Călduri latente l_t și călduri latente molare L_t de topire

Substanța	H_2	N_2	O_2	Na	Fe	H_2O
La temperatura T [K]	14	63,1	54,1	371	1 803	273
l_t [kJ/kg]	58,18	25,53	13,81	126,4	274,56	334,84
L_t [kJ/kmol]	116,35	714,88	442	2 907	15 335,6	6 027,12

Tabelul C.14

Căldurile latente de vaporizare ale unor lichide la punctele de fierbere, la presiunea de 1 at.

Substanța	l_v kJ/kg	L_v kJ/kmol	Substanța	l_v kJ/kg	L_v kJ/kmol
Hidrogen	468,77	937,54	Apă	2 260	40 720,7
Oxigen	209,27	6 822,36	Alcool (etanol)	870,58	40 013,4
Azot	196,72	5 524,86	Eter etilic	360	26 703,5
Clor	288,8	16 239,74	Benzen	393,44	30 763,4
Mercur	297,17	59 434,1	Cloroform	247	29 633,3

C. latentă de vaporizare este c. absorbită la trecerea izobar-izotermă a unui kilogram de lichid din faza lichidă în faza gazoasă. Partea din c. de vaporizare care servește la efectuarea lucrului mecanic de mărire a volumului, se numește c. *externă de vaporizare*, iar cealaltă parte, care servește la creșterea energiei interne, poartă numele de c. *internă de vaporizare* (C. latentă de condensare este egală cu c. latentă de vaporizare în aceleași condiții de presiune). În tabelul C.14 se dau căldurile latente de vaporizare pentru cîteva substanțe.

C. latentă de sublimare este cantitatea de c. latentă absorbită la trecerea directă izobar-izotermă a unei substanțe din faza solidă în faza gazoasă. Particulele solide care se evaporă formează deasupra solidului vapori de același fel ca și cei proveniți de la vaporizarea lichidului. Ca și în cazul lichidelor, tensiunea vaporilor saturați de deasupra solidului depind de presiune și temperatură, deci și valoarea c. latente de sublimare depinde de acești parametri. Ca și în cazul topirii, în cazul sublimării este necesară o cantitate de c. pentru ca această transformare de fază să aibă loc. C. latentă de sublimare la o anumită presiune este egală cu suma c. latente de topire și vaporizare.

C. molară este cantitatea de c. absorbită sau pierdută de un mol dintr-o substanță, cînd temperatura sa variază cu 1 grad. Se măsoară în J/mol·K [kJ/kmol·K]. În funcție de natura transformării, se deosebește c. *molară la presiune constantă* și c. *molară la volum constant*. Relația între c. molară C_M [kJ/kmol·K], c. specifică, c [kJ/kg·K] și masa molară M [kg/kmol] este: $C_M = M \cdot c$.

C. specifică a unei substanțe omogene este cantitatea de c. necesară unității de masă din acea substanță pentru a-și modifica temperatura cu 1 grad. O definiție mai riguroasă ce se poate da c. specifice este: c. specifică reprezintă variația de energie internă sau de entalpie necesară unei unități de masă dintr-o substanță, pentru a se produce în ea toate fenomenele legate de variația temperaturii cu un grad, în cadrul aceleiași stări de agregare. Considerînd un sistem termodinamic constituit dintr-o unitate de masă de substanță, care schimbă o cantitate de c. δq într-un proces infinitezimal, în care se menține constant un anumit parametru x, creșterea de temperatură corespunzătoare fiind dT, c. specifică la x constant este definită de ecuația: $c_x = (\delta q/dT)_x$. C. specifică c_x este o variabilă de stare a sistemului considerat, numai dacă este specificată natura procesului de schimb de c. (x=constant), deoarece valoarea cantității de c. δq depinde de natura procesului. Variația c. specifice cu temperatura se calculează în general cu ecuații empirice de forma:

$$c = A + BT + CT^2 + DT^3 + \ldots = f(T),$$

în care A, B, C, D sînt coeficienți ce depind de natura gazului, de intervalul de temperatură și de natura transformării suferite de corpul termodinamic în cursul încălzirii, respectiv răcirii. Valoarea c. specifice corespunzătoare unei temperaturi T, calculată cu relația de mai sus, se numește c. **specifică adevărată**. Deoarece termenii C, D, etc. au valori mici, se poate lucra în calcule tehnice cu relația $c = A + BT$. Valoarea obținută cu această relație poartă denumirea de c. **specifică aparentă**. În calcule, pentru un interval de temperatură $T_2 - T_1$, se folosește c. specifică definită de relația:

$$c_m \Big|_{T_1}^{T_2} = c_m \Big|_{t_1}^{t_2} = \frac{1}{T_2 - T_1} \int_{T_1}^{T_2} f(T)\,dT.$$

În funcție de natura procesului de încălzire sau răcire a unui sistem termodinamic, se definește:

— C. *specifică la volum constant*, ca fiind variația energiei interne, în funcție de temperatură, la volum constant și dată de relația:

$$c_v = \left(\frac{\delta q}{dT}\right)_v = \left(\frac{\partial u}{dT}\right)_v;$$

— C. *specifică la presiune constantă*, ca fiind variația entalpiei în funcție de temperatură, la presiune constantă și dată de relația:

$$c_p = \left(\frac{\partial q}{dT}\right)_p = \left(\frac{\partial h}{dT}\right)_p.$$

Relația de legătură între c. specifică la presiune constantă și c. specifică la volum constant este:

$$c_p = c_v \left[\left(\frac{\partial u}{\partial v}\right)_T + p\right]\left(\frac{\partial v}{\partial T}\right)_p.$$

În cazul gazului perfect $u=u(T)$, adică $\left(\frac{\partial u}{\partial v}\right)_T = 0$ și deoarece $p\left(\frac{\partial v}{\partial T}\right)_p = R$, rezultă *relația Robert-Mayer*: $c_p - c_v = R$. Raportul dintre c. specifică la presiune constantă și c. specifică la volum constant se numește *exponent adiabatic* $k=c_p/c_v$, care pentru gaze perfecte este funcție de numărul de atomi din moleculă. Astfel, pentru gaze: monoatomice $k=167$;. biatomice $k=1{,}4$; triatomice $k=1{,}33$; poliatomice $k=1{,}3$.

— C. *specifică politropică* este caracteristică transformării politropice. Expresia exponentului politropic este $n=\frac{c_n-c_p}{c_n-c_v}$ și, ținînd cont că $t_p/c_v=k$, rezultă expresia c. specifice politropice:

$$c_n = c_v \frac{n-k}{n-1}.$$

Se observă că, în procesul izoterm pentru care $n=1$, se obține $c_{izot}=\infty$, iar în cel adiabatic pentru care $n=k$, se obține $c_{ad}=0$.

În tabelul C.15 se dau c. specifice ale cîtorva gaze perfecte, în funcție de natura transformării, unitatea de măsură și temperatură.

Pentru determinarea **c. specifice a lichidelor**, relațiile simple ce au fost obținute pentru c. specifice ale gazelor perfecte, pe baza teoriei cinetico-moleculare, nu pot fi aplicate (ca de altfel nici gazelor reale), deoarece energia lor internă conține, pe lîngă energia cinetică de agitație a moleculelor, și energia potențială de interacțiune dintre ele.

Experiența arată, că valoarea c. specifice a lichidelor depinde de temperatură, această dependență variind pentru diferite lichide. Astfel, pentru majoritatea lichidelor, c. specifică crește cu creșterea temperaturii, dar există și unele lichide la care c. specifică scade odată cu creșterea temperaturii (ex.: mercurul), în timp ce pentru anumite lichide, c. lor specifică scade cu creșterea temperaturii, atingînd un minim, începînd apoi să crească din nou cu temperatura (ex.: apa). În tabelul C.16 se prezintă c. specifică a apei la diferite temperaturi. Ca și la gaze, se distinge c. specifică la volum constant, respectiv c. specifică la presiune constantă. Diferența dintre cele două călduri c_p-c_v este egală cu lucrul mecanic de dilatare (pdv), în care p este presiunea moleculară a unui kilogram de lichid încălzit cu 1 grad. Valoarea numerică a acestei diferențe

Tabelul C.15

Căldurile specifice ale O_2, CO_2 și N_2 în funcție de temperatură

Gazul	t[°C]	Relații de transformare între călduri specifice / U.M. $c=\frac{C_M}{M}=22{,}414\cdot\frac{C}{M}\left[\frac{kJ}{kg\cdot K}\right]$				$C_M=c\cdot M=22{,}414\cdot C\left[\frac{kJ}{kmol\cdot K}\right]$			$C=\frac{c\cdot M}{22{,}414}=\frac{C_M}{22{,}414}\left[\frac{kJ}{m^3_N\cdot K}\right]$			
		c_p	c_v	$c_{pm}\Big\vert_0^t$	$c_{vm}\Big\vert_0^t$	C_{Mp}	C_{Mv}	$C_{Mpm}\Big\vert_0^t$	$C_{Mvm}\Big\vert_0^t$	C_p	C_v	$C_{pm}\Big\vert_0^t$	$C_{vm}\Big\vert_0^t$
Oxigen O_2	0	0,9148	0,6548	0,915	0,655	29,274	20,959	29,274	20,959	1,3059	0,9349	1,306	0,935
	500	1,0484	0,7674	0,979	0,719	33,549	25,234	31,334	23,019	1,4968	1,1258	1,398	1,027
	1 000	1,1229	0,8625	1,035	0,775	35,914	27,599	33,118	24,803	1,6023	1,2313	1,478	1,107
	1 500	1,1639	0,9039	1,071	0,811	37,242	28,927	34,282	25,967	1,6613	1,2904	1,529	1,158
Bioxid de carbon CO_2	0	0,8148	0,6259	0,815	0,626	35,860	27,545	35,860	27,545	1,5998	1,2288	1,600	1,229
	500	1,1547	0,9659	1,013	0,824	50,815	52,500	44,573	36,258	2,2672	1,8962	1,989	1,618
	1 000	1,2900	1,1011	1,122	0,933	56,776	48,458	49,392	41,077	2,5330	2,1621	2,204	1,833
	1 500	1,3498	1,1610	1,189	1,001	59,411	51,096	52,348	44,033	2,6507	2,2797	2,335	1,964
Azot N_2	0	1,0392	0,7423	1,039	0,742	29,115	20,800	29,115	20,800	1,2987	0,9261	1,299	0,928
	500	1,1154	0,8185	1,066	0,769	31,250	22,935	29,864	21,549	1,3942	1,0408	1,332	0,961
	1 000	1,2150	0,9182	1,118	0,821	34,043	25,724	31,313	22,998	1,5186	1,1602	1,397	1,026
	1 500	1,2686	0,9792	1,160	0,863	35,546	27,231	32,502	24,187	1,5860	1,2251	1,450	1,079

Scanned with OKEN Scanner

depinde, prin urmare, de valoarea coeficientului de dilatare termică volumetric al lichidului α. Diferența $c_p - c_v$ poate fi mai mare sau mai mică, după valorile lui α și după mărimea forțelor interioare de interacțiune a particulelor lichidului care produc lucrul mecanic de dilatare, presiunea p fiind dependentă de aceste forțe. Astfel, de exemplu, pentru argonul lichid la 140 K, **c.** specifică la presiune constantă $c_p = 1{,}6116$ kJ/kg·K, în timp ce **c.** specifică la volum constant $c = 0{,}4866$ kJ/kg·K; deci $c_p - c_v = 1{,}125$ kJ/kg·K. De asemenea, pentru apă la o temperatură în jur de 0°C, **c.** specifică la presiune constantă $c_p = 4{,}2051$ kJ/kg·K, iar cea la volum constant este $c_v = 4{,}1682$ kJ/kg·K; deci diferența $c_p - c_v = 0{,}0369$ kJ/kg·K.

Tabelul C.16

Căldura specifică a apei la 1 bar [kJ/kg·K]

t [°C]	c_p	t [°C]	c_p
−5	4,2273	40	4,1771
0	4,2148	60	4,1813
10	4,1938	80	4,1855
20	4,1813		

C. specifică a solidelor. Substanțele solide cristalizate au relații simple de calcul ale **c.** lor specifice, relații ce decurg din teoria cinetică a gazelor. Atomii sau ionii ce compun un cristal nu ocupă poziții fixe, ci vibrează în jurul pozițiilor de echilibru, vibrații raportate pe cele trei coordonate spațiale, de unde rezultă că particulele ce compun cristalul au trei grade de libertate. Energia internă a cristalului are două componente principale: a) energia cinetică a atomilor care este maximă în pozițiile lor de echilibru; b) energia potențială care este maximă în pozițiile extreme în cursul vibrațiilor. Deoarece energia cinetică și potențială se transformă în cursul unei vibrații una în alta, energiile cinetice și potențiale pe ansamblu sînt egale, pentru că în fiecare moment există atomi în toate fazele de vibrații posibile (Boltzmann). Energia cinetică dintr-un mol de substanță cristalizată este aceeași și la gaze, și anume: $\frac{3}{2} R_M$ J/mol·K. Energia totală este, deci, de două ori mai mare $C_{M_v} = 3R_M \approx 25$ J/mol·K. La substanțele solide, **c.** specifică la presiune constantă se determină experimental. La solide cristalizate $c_p > c_v$ diferența dintre ele fiind de numai 3—10%, în funcție de natura substanței. La temperaturi de circa 20°C, $C_M \approx 25$—$27{,}2$ J/mol·K. Pentru determinarea acesteia s-a folosit *legea Dulong-Petit.*

CĂLDURĂ DE DEZINTEGRARE RADIOACTIVĂ. Căldură produsă prin dezintegrarea continuă a izotopilor radioactivi într-un reactor nuclear, după oprirea reacției de fisiune. Cea mai mare parte a căldurii produse se datorează dezintegrării radioactive a produselor de fisiune acumulate în zona activă, în timpul perioadei de funcționare a reactorului. Pentru un reactor nuclear care a funcționat cu puterea constantă $P_0(W)$, o perioadă $\tau_0(s)$ la sfîrșitul căreia a fost oprit, **c. de d.r.** $P(W)$ la momentul $\tau(s)$, după oprirea reactorului nuclear, se poate determina cu relația aproximativă:

$$\frac{P}{P_0} = 0{,}095(\tau - \tau_0)^{-0{,}26}\left[1 - \left(1 + \frac{\tau_0}{\tau - \tau_0}\right)^{-0{,}2}\right],$$

valabilă pentru un timp după oprire $\tau - \tau_0 > 200$ s. Pentru perioade de funcționare mai mari de un an, valoarea expresiei din paranteza dreaptă tinde către 1. Energia totală dezvoltată în timpul opririi reactorului nuclear este:

$$E = \int_0^{\tau - \tau_0} (P/P_0)\, d(\tau - \tau_0) = 0{,}128(\tau - \tau_0) \quad [\text{Ws/W}].$$

Intervalul de timp $\tau - \tau_0$ poartă numele de *perioadă de calmare.* **C. de d.r.** reprezintă în momentul opririi unui reactor nuclear aproximativ 6—7% din puterea P_0, valoare care scade, apoi, în timpul perioadei de calmare. Aceasta impune necesitatea răcirii reactorului nuclear și după oprire (se prevede un circuit special de răcire pentru evacuarea **c. de d.r.**).

CENTRALĂ TERMICĂ (v. Termocentrală).

CENTRIFUGARE. Proces de separare a constituenților cu densități diferite dintr-un amestec de lichide sau de lichid cu corpuri solide în suspensie, realizat sub efectul forței centrifuge, prin rotirea amestecului respectiv. Acest proces se efectuează prin sedimentarea sau filtrarea părților cu densitatea mai mare, mai rapide în cîmpul forțelor centrifuge. Caracteristic este raportul dintre forța centrifugă și masă, care se numește *eficacitatea centrifugării* sau *factor de eficacitate* și se notează cu Z:

$$Z = \frac{\omega^2 \cdot R}{g}.$$

în care: ω este viteza unghiulară; R — distanța dintre corp și punctul față de care el se rotește; g — accelerația gravitațională. Efectul de separare prin **c.**, în comparație cu efectul corespunzător în cîmpul gravitațional, depinde de factorul de separare. Raportul intensităților acestor efecte este pentru sedimentare Z, pentru filtrare $\sqrt{Z}$ și pentru eliminarea apei $\sqrt[3]{Z}$. Operația de **c.** se realizează într-un aparat

numit centrifugă. Pentru a se obține factori mari de eficacitate, centrifugele se construiesc cu rază mică (R) și turație ridicată. Se aplică la: separarea mecanică a minereurilor și cărbunilor, desecarea și trierea lor pe dimensiuni; clarificarea lichidelor înainte de filtrare; spargerea emulsiilor și separarea uleiurilor din emulsii; deshidratarea uleiurilor și regenerarea lor; decantare și desecare etc.

CENTRIFUGĂ. Mașină pentru separarea fazelor de greutate specifică diferită, dintr-un amestec eterogen de lichide (emulsii) sau de lichide și solide (suspensii), prin efectul forței (inerțiale) centrifuge, dezvoltată prin rotirea unui recipient ce conține amestecul.

Forța centrifugă C pentru un corp de masă m, care se rotește cu viteza w în jurul unui punct situat față de el la distanța R, are expresia: $C=m\cdot\frac{w^2}{R}$, unde raportul $\frac{w^2}{R}$ reprezintă accelerația.

C. se clasifică după mai multe criterii:

a) după valoarea factorului de eficacitate: **c.** normale ($Z<3\,000$); supercentrifuge ($Z>3\,000$); ultracentrifuge ($Z>10\,000$);

b) după poziția arborelui: **c.** verticale, **c.** orizontale, **c.** înclinate;

c) după modul de instalare: **c.** suspendate, **c.** așezate;

d) după modul de alimentare și de evacuare a produselor separate: **c.** cu funcționare continuă, **c.** cu funcționare intermitentă;

e) după modul de descărcare a fazei solide centrifugate: **c.** cu descărcare normală; **c.** cu descărcare prin gravitație; **c.** cu descărcare automată;

f) după scopul centrifugării: **c.** filtrante; **c.** decantoare; **c.** mixte (decantoare-filtrante).

Cele mai utilizate tipuri de c. sînt următoarele: **c.** filtrante, **c.** verticale cu racloare, **c.** orizontale pentru desecare, **c.** decantoare.

C. filtrantă are ca organ de lucru o tobă perforată, căptușită în interior cu o pînză, o sită sau alt material filtrant. Este folosită la filtrarea amestecurilor eterogene lichid-solid, înlăturarea apei din cristale, desecarea cărbunilor sau a altor materiale granuloase, uscarea materialelor textile etc. Se construiesc **c.** filtrante cu funcționare continuă sau discontinuă, cu diverse sisteme de descărcare.

C. filtrantă cu descărcare manuală (fig. C.81) are rotorul construit dintr-o tobă calată pe un arbore vertical, care poate fi antrenat direct (prin electromotor), sau prin transmisie, cu curea. Toba perforată este întărită cu cercuri metalice exterioare și are fundul tronconic. Lichidul separat prin centrifugare e captat între spațiul dintre tobă și mantaua centrifugei și se evacuează printr-o conductă . C. e echipată cu o conductă cu stropitor pentru spălarea cristalelor dispuse în

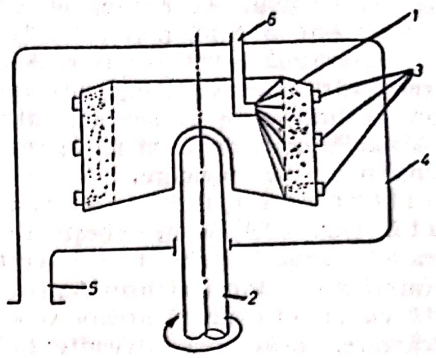


Fig. C.81. Centrifugă filtrantă cu descărcare manuală:
1 — tobă perforată; *2* — arbore; *3* — inele de rigidizare; *4* — manta de protecție; *9* — racord de evacuarea lichidului centrifugat; *6* — conductă de alimentare.

interiorul tobei. Fazele separării sînt: încărcarea, pornirea și accelerarea pînă la turația de regim, centrifugarea, spălarea, uscarea, frînarea și descărcarea. Aceste **c.** (fig. C.82) se folosesc, în general, pentru materiale ce reclamă o durată mare de centrifugare.

C. *de stors rufe* (fig. C.83), folosită în spălătorii mecanice, este o **c.** cu descărcare manuală. Ea este constituită, în principal, dintr-o car-

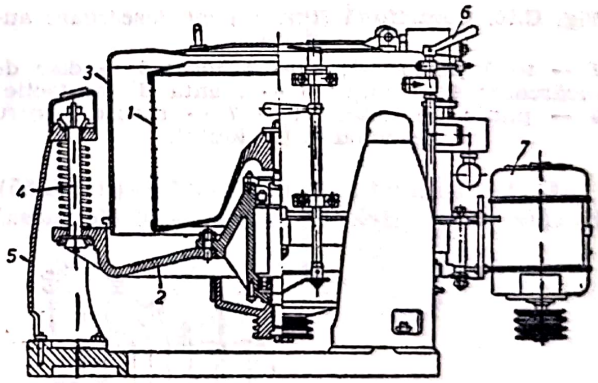


Fig. C.82. Centrifugă filtrantă, suspendată, cu funcționare discontinuă și cu descărcare manuală:
1 — tobă perforată; *2* — suport; *3* — manta de protecție; *4* — tirant; *5* — picior de susținere; *6* — frînă; *7* — electromotor.

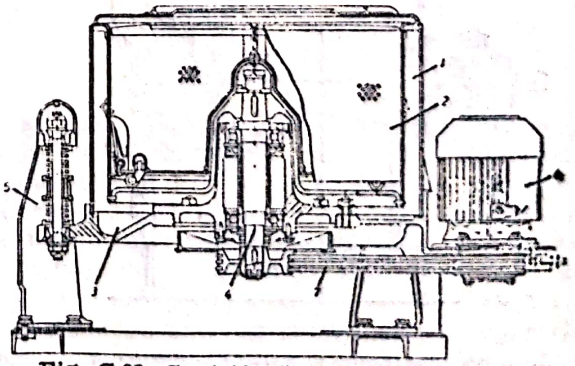


Fig. C.83. Centrifugă pentru stors rufe:
1 — carcasă; *2* — tobă perforată; *3* — jgheab colector; *4* — arbore; *5* — suport; *6* — electromotor; *7* — curea de transmisie.

casă cilindrică fixă, cu capac, în interiorul căreia se rotește o tobă perforată. Rufele se așază în interiorul tobei rotative. Apa rezultată prin centrifugare se scurge într-un jgheab colector, de unde este evacuată printr-o conductă. Mașinile mari de acest fel se construiesc ca c. suspendate pe picioare,

C. filtrantă cu descărcare automată (fig. C.84) se deosebește de cea cu descărcare manuală prin forma curbată a părții interioare a tobei și prin faptul că este echipată cu un disc de încărcare și cu pîlnie de descărcare. Încărcarea intermitentă se face la turația de regim, iar descărcarea se face automat, prin gravitație, fără oprirea mașinii, la o turație redusă la care materialul, nemaifiind apăsat pe peretele tobei, cade în pîlnia de evacuare.

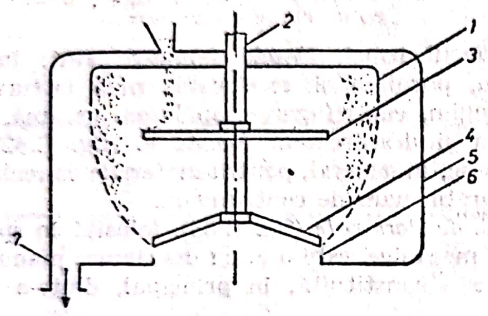


Fig. C.84. Centrifugă filtrantă cu descărcare automată:
1 — tobă perforată; *2* — arbore; *3* — disc de încărcare; *4* — spițe; *5* — manta de protecție; *6* — pîlnie de descărcare; *7* — racord pentru evacuarea lichidului.

C. filtrantă automată (fig. C.85), la care toate fazele centrifugării se efectuează

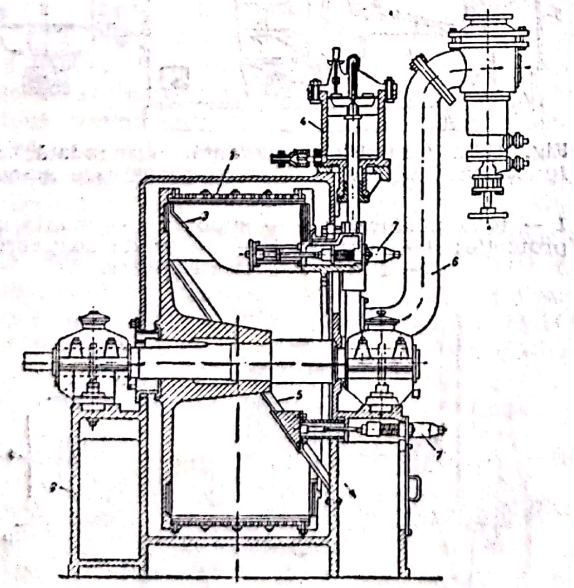


Fig. C.85. Centrifugă filtrantă automată:
1 — tobă perforată; *2* — fundație; *3* — cuțit pentru desprinderea precipitatului; *4* — servomotor hidraulic; *5* — plan înclinat pentru evacuarea sedimentului; *6* — conducte de alimentare; *7* — ciocan hidraulic.

automat, se construiește de obicei cu arborele orizontal și este echipată cu un sistem de desprindere a precipitatului de pe tobă (cuțit sau raclor comandat hidraulic). Aceste c. sînt folosite, în general, la separarea fazei solide din suspensii, cu dispersie medie, greu filtrabile.

C. filtrantă cu împingere pulsantă a precipitatului (fig. C.86) este echipată cu un con de alimentare și cu un disc de împingere cu mișcare pulsantă pentru împingerea sedimentului de pe tobă. Aceste c. au o mare productivitate, dar realizează un filtrat tulbure. Ele sînt folosite la separarea suspensiilor cu dispersie mare, care pierd ușor umiditatea.

C. filtrantă cu tobă conică (fig. C.87) are un rotor vertical de formă tronconică; în interiorul acestuia este montat un transportor elicoidal, care se rotește cu o turație mai joasă decît cea a tobei conice și care servește la deplasarea sedimentului spre conducta de evacuare. Aceste c. au productivitate mare

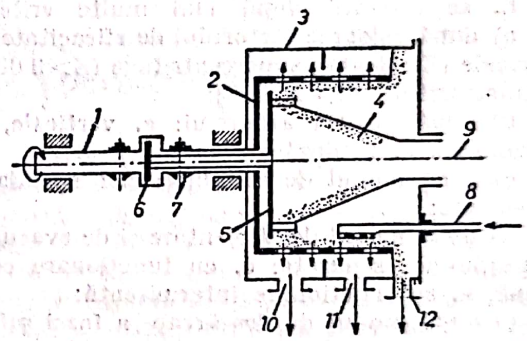


Fig. C.86. Centrifugă filtrantă cu împingere pulsantă a precipitatului:
1 — arbore; *2* — tobă; *3* — manta de protecție; *4* — con de împingere; *5* — împingător; *6* — piston; *7* — tija pistonului; *8* — conductă de apă pentru spălare; *9* — intrarea suspensiei; *10* — racord pentru evacuarea filtratului; *11* — racord pentru evacuaea apei; *12* — racord pentru evacuarea precipitatului.

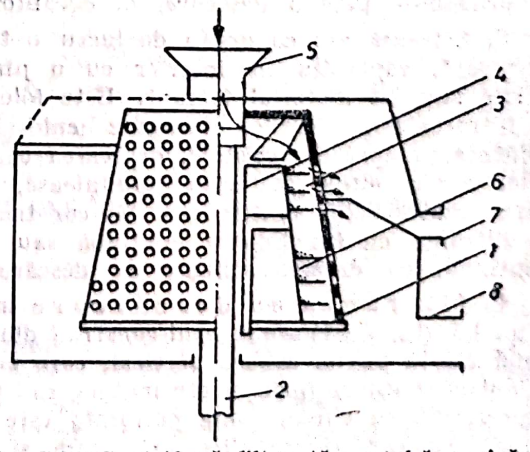


Fig. C.87. Centrifugă filtrantă cu tobă conică:
1 — tobă perforată; *2* — arbore de antrenare; *3* — transportor elicoidal; *4* — arbore pentru antrenarea transportorului; *5* — pîlnie de alimentare; *6* — intrarea apei de spălare; *7* — evacuarea filtratului; *8* — evacuarea apei de spălare.

Scanned with OKEN Scanner

și funcționare liniștită și sînt folosite pentru centrifugarea suspensiilor mari.

C. orizontală pentru desecare (fig. C.88) are un rotor constituit dintr-o tobă orizontală, echipată cu o sită în interiorul căreia se rotește, cu o turație mai joasă, un raclor elicoidal.

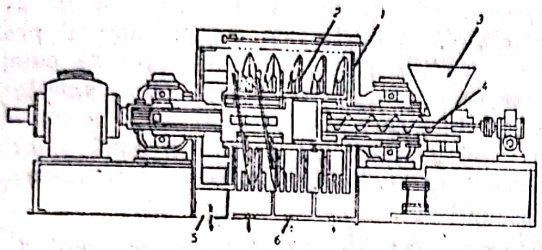


Fig. C.88. Centrifugă orizontală pentru desecare: *1* — tobă cilindrică perforată; *2* — raclor elicoidal; *3* — pîlnie de alimentare; *4* — melc transportor; *5* — orificiu de evacuare a cărbunelui; *6* — orificiu de evacuare a apei.

C. decantoare are ca organ de lucru o tobă neperforată, cu axul orizontal sau vertical. Este folosită la separarea suspensiilor greu filtrabile și la limpezirea suspensiilor cu conținut mic de fază solidă.

Principalele tipuri de c. decantoare sînt prezentate în continuare.

C. analitică are rotorul constituit dintr-un suport rotativ cu două, patru sau șase brațe orizontale pe care sînt articulate brățări pentru prinderea unor fiole cu fund conic gradat. La rotire, axele fiolelor ajung aproape orizontale, iar solidul sau lichidul mai greu din amestec sînt centrifugate spre exterior și se adună în partea conică gradată a fiolelor, astfel încît pot fi măsurate volumetric.

Supercentrifuga (fig. C.89) are un rotor denumit și tobă tubulară, care este constituit dintr-o tobă cilindrică, cu diametrul mic în raport cu lungimea. Se construiesc supracentrifuge cu funcționare intermitentă a căror tobă este închisă la ambele capete și supercentrifuge cu funcționare continuă a căror tobă are un orificiu de alimentare la partea inferioară și orificii de evacuare separate.

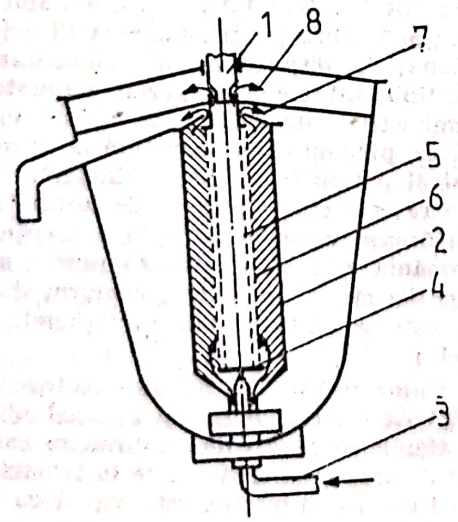


Fig. C.89. Supercentrifugă: *1* — arbore de antrenare; *2* — tobă tubulară; *3* — conductă de alimentare; *4* — disc distribuitor; *5* — zonă de separare între faze; *6* — suprafața lichidului; *7* — evacuarea fazei cu densitate mare; *8* — evacuarea fazei cu densitate mică.

Ultracentrifuga are un rotor a cărui turație ajunge pînă la 1 200 000 rot/min. Arborele se reazemă pe paliere cu aer și se rotește în vid sau în atmosferă cu hidrogen.

Separatorul cu talere (fig. C.90) are rotorul constituit dintr-o tobă în interiorul căreia sînt montate coaxial conuri de tobă suprapuse, astfel ca amestecul centrifugat să fie divizat în straturi conice foarte subțiri. Prin această divizare, sedimentarea se face mult mai repede decît în straturi gazoase, unde curenții în sens contrar ai celor două faze lichide îngreunează operația de separare.

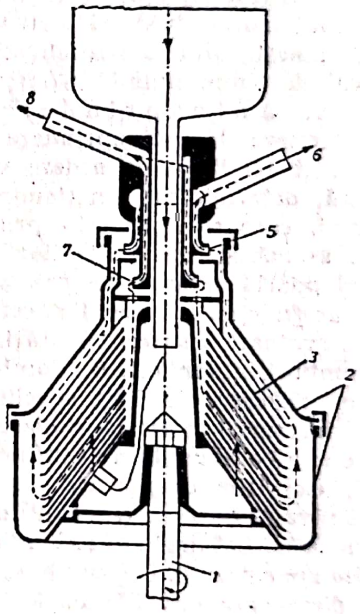


Fig. C.90. Separator cu talere: *1* — arbore de antrenare; *2* — tobă; *3* — talere; *4* — rezervor de alimentare; *5* — conductă de separare a lichidului greu; *7* — conductă de separare a lichidului ușor; *8* — evacuarea lichidului ușor.

C. de clasare are rotorul constituit dintr-o tobă orizontală tronconică, cu manta neperforată, echipată la capătul cu diametru mai mare cu un inel circular, peste care deborda apa și particulele mai fine; particulele cu dimensiuni mai mari sînt proiectate pe suprafața interioară a tobei, de unde sînt raclate de un melc transportor, care le dirijează spre capătul cu diametru mai mic al tobei.

C. mixtă are organul de lucru constituit dintr-o tobă exterioară neperforată, dintr-o tobă interioară perforată și dintr-un con, toate

trei calate coaxial pe același arbore. Suspensia de centrifugat este dirijată de con în spațiul dintre cele două tobe, unde particulele mari se depun pe fața interioară a tobei neperforate, iar lichidele în suspensie fină trec prin toba filtrantă, depunînd pe suprafața exterioară a acesteia granule fine; lichidul separat este colectat în spațiul dintre toba plină și mantaua exterioară.

CETANICĂ (Cifră). Parametru de caracterizare a calității de ardere a unui combustibil în motoarele diesel, egal cu conținutul procentual în volume de cetan ($C_{16}H_{34}$) pe care trebuie să-l aibă un amestec de cetan și α-metilnaftalină ($C_{10}H_7CH_3$), cînd acesta, într-un motor de construcție standardizată și în condiții de funcționare standardizate [v. C.F.R.(M o t o r)], prezintă aceeași durată de întîrziere la autoaprindere ca și combustibilul considerat.

Între momentul injecției combustibilului în cilindrul unui motor diesel și momentul autoaprinderii amestecului aer-combustibil trece un interval de timp, numit *întîrziere la autoaprindere* (v. A u t o a p r i n d e r e). Cu cît durata întîrzierii la autoaprindere este mai mare, cu atît tendința de ardere violentă se accentuează, determinînd funcționarea brutală a motorului, care se manifestă prin zgomote puternice, asemănătoare loviturilor de ciocan. Fenomenul poartă numele de *detonație Diesel. sau regim de funcționare dur*. **C.c.** este, deci, un criteriu de evaluare a susceptibilității de detonație a combustibililor diesel. Combustibililor, avînd **c.c.** ridicate, le sînt specifice durate reduse ale întîrzierii la autoaprindere și invers. Valoarea **c.c.** a combustibilului influențează, de asemenea, calitățile de pornire ale motorului, precum și nivelul de fum (carbon nears) din gazele evacuate. Cetanul are **c.c.** 100, iar α-metilnaftalina are **c.c.** zero. Un combustibil pentru motoare diesel are **c.c.** 55, dacă în motorul standardizat și în condiții de funcționare standardizate prezintă aceiași durată a întîrzierii la autoaprindere ca și un amestec constituit din 55% (în volume) de cetan și 45% (în volume) din α-metilnaftalină. **C.c.** ale combustibililor pentru motoare diesel variază între 35—55. În general, combustibilii avînd **c.c.** cuprinsă între 35 și 40 se utilizează pentru motoarele diesel cu turații reduse (100—300 rot/min), combustibilii cu **c.c.** cuprinsă între 40—45, pentru motoarele diesel cu turații medii (300—800 rot/min), iar combustibilii cu **c.c.** mai mari de 45, pentru motoarele diesel cu turații ridicate (800—3 000 rot/min). **C.c.** a unui combustibil se determină experimental pe un stand de probe, compus dintr-un motor diesel monocilindric cu raport de comprimare variabil și turație riguros constantă (menținută printr-un motor electric sincron). Determinarea **c.c.** a unei probe de combustibil diesel se realizează, comparîndu-i calitățile de autoaprindere (respectiv, durata întîrzierii la autoaprindere) cu cele ale unui amestec de cetan și α-metilnaftalină. Metoda constă în variația raportului de comprimare, alimentînd motorul cu proba de combustibil și, alternativ, cu amestecuri de cetan și α-metilnaftalină, pînă cînd se obține, pentru ambele cazuri, aceeași durată a întîrzierii la autoaprindere. Raportul de comprimare al probei este încadrat între două rapoarte de comprimare corespunzătoare pentru două amestecuri de referință care nu diferă între ele cu mai mult de cinci **c.c.**, iar între acestea două valori se interpolează valoarea **c.c.** corespunzătoare probei analizate.

C.F.R. (Motor). Instalație cu motor cu ardere internă, utilizată la determinarea rezistenței la detonație a combustibililor pentru motoarele cu aprindere prin scînteie și pentru motoarele diesel (denumirea provenind de la "Cooperative Fuel Research"). Construcția instalației și condițiile de funcționare sînt standardizate, în funcție de natura combustibilului și de metoda de determinare. Există cinci metode de determinare standardizate: metoda „motor", notată cu indicativul F_2 și metoda „research", notată cu indicativul F_1, pentru determinarea cifrei octanice a benzinelor „auto"; metoda „aviație", notată cu indicativele F_3 sau 1-*c* și metoda „supercharge", notată cu indicativele F_4 sau 3-*c*, pentru determinarea cifrei octanice a benzinelor „avio"; metoda „întîrzierii la autoaprindere" pentru determinarea cifrei cetanice a combustibililor pentru motoarele diesel.

Toate instalațiile utilizate în metodele menționate sînt constituite dintr-un motor cu ardere internă monocilindric cu raport de comprimare variabil, cuplat direct cu un motor electric sincron. **M. C.F.R.** (fig. C.91) sînt echipate cu aparatură pentru punerea în evidență a detonației, dispozitive de alimentare cu combustibil, sisteme de preparare a amestecului aer-combustibil, dispozitive de răcire, ungere, aprindere, precum și cu aparatură de măsură și control al parametrilor de funcționare.

Dintre cele cinci variante de instalații, corespunzătoare celor cinci metode menționate, în România este standardizată numai *metoda* și *instalația motor*. Instalația, conform standardului, este constituită din următoarele echipamente:

a. Motor ȚIAM tip 9-2 sau motor WAUKESHA-ASTM (CFR) de tip monocilindric, în patru timpi, cu raport de comprimare variabil, ale cărui caracteristici sînt date în tabelul C.17. Motorul cu ardere internă este cuplat cu motorul electric sincron, iar acesta cu un generator de curent continuu. Motorul electric servește la pornirea motorului cu ardere internă, absoarbe puterea dezvoltată de acesta și îi menține turația constantă.

Scanned with OKEN Scanner

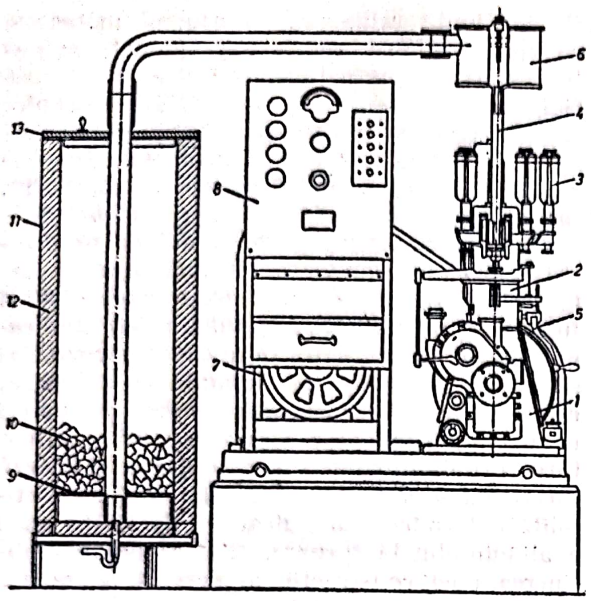


Fig. C.91. Motor C.F.R.:
1 — carter; *2* — cilindru; *3* — rezervor de combustibil; *4* — conductă de aer uscat; *5* — manivelă; *6* — filtru de aer; *7* — electromotor sincron; *8* — panou de control și comandă; *9* — suport sită; *10* — gheață; *11* — rezervor; *12* — izolație; *13* — capac.

Tabelul C.17

Caracteristicile motorului ȚIAM 9-2 și Waukesha—ASTM (C.F.R.)

Caracteristica	ȚIAM 9-2	WAUKESHA-ASTM(CFR)
Cilindree [mm]	652	612
Diametru cilindru [mm]	85	82,5
Cursă piston [mm]	115	114,3
Turație [rot/min]	900±9	900±9
Raport de comprimare (limite de variație)	4—10	4—10

b. Aparat indicator al raportului de comprimare (micrometru).

c. Dispozitiv de transmitere și de indicare a intensității detonației cuprinzînd o diafragmă, un transmițător „bouncing-pin" și un aparat indicator „knockmeter". Diafragma metalică elastică, solidară cu corpul cilindrului, vibrează datorită șocurilor provocate de detonație. Pulsațiile diafragmei sînt recepționate de extremitatea unei tije. Celălalt capăt al tijei închide, la fiecare pulsație, un circuit electric. Sarcina electrică pe care curentul o trece prin acest circuit, pus sub tensiune continuă, este proporțională cu elongația diafragmei și încălzește o rezistență solidară cu un termocuplu în circuitul căruia se găsește un termoampermetru (knockmeter), care indică intensitatea efectivă a curentului discontinuu din circuit.

d. Dispozitiv pentru condiționarea umidității aerului, format dintr-o coloană umplută cu bucăți de gheață prin care trece aerul necesar arderii.

e. Dispozitiv pentru încălzirea aerului și a amestecului aer-combustibil.

f. Dispozitiv pentru indicarea și reglarea avansului la aprindere.

g. Tablou cu aparate de măsură și comenzi.

Condițiile de funcționare ale motorului sînt standardizate astfel:

— temperatura de răcire a cilindrului: 100±2°C;

— umiditatea aerului: 3,7—4 mg apă/kg aer uscat;

— temperatura de încălzire a amestecului aer-combustibil: 149±1°C;

— temperatura uleiului de ungere: 54—56°C;

— presiunea uleiului în circuitul de ungere: 1,7—2,1 kgf/cm^2;

— avansul la aprindere: 26—19°RAC (pentru creșterea raportului de comprimare în limitele 5—7).

Determinarea cifrei octanice prin metoda „motor", conform STAS 26-1968, se efectuează prin următoarele operații, în ordinea indicată: pornirea și reglarea regimului de funcționare a motorului; reglarea transmițătorului pentru intensitatea de detonație standard; reglarea compoziției amestecului aer-combustibil pentru intensitatea de detonație maximă; stabilirea raportului de comprimare, corespunzător intensității de detonație standard; compararea combustibilului de cercetat cu amestecul de etalonare pentru stabilirea valorii cifrei octanice. Cifra octanică determinată prin metoda „motor" se notează cu CO/M.

Pentru *determinarea cifrei cetanice* a combustibililor Diesel se utilizează **m.C.F.R.** modificat pentru funcționarea lui în ciclul Diesel.

CHARLES, Jacques. Fizician francez (1746—1823). A stabilit, în 1790, legea care îi poartă numele: „la volum și masă constantă, presiunea unui gaz este proporțională cu temperatura acestuia".

CHIULASĂ. Organ fix al mașinilor termice cu piston, care închide cilindrul la extremitatea corespunzătoare punctului mort interior (P.M.I.) **C.** se fixează pe suprafața frontală a cilindrului sau blocului de cilindri cu ajutorul prezoanelor sau șuruburilor de prindere. La unele motoare termice, **c.** se realizează, împreună cu cilindrul (sau blocul de cilindri), într-un bloc comun.

C. motoarelor termice conține (fig. C.92) locașuri pentru bujie sau injector, pentru canale de admisie și evacuare (la motoarele în patru timpi) și pentru supapele de distribuție (la

Scanned with OKEN Scanner

motoarele care se pornesc cu aer comprimat), canale pentru vehicularea apei de răcire (la motoarele răcite cu apă) și orificii pentru prezoanele de prindere și tijele distribuției (cînd arborele de distribuție este amplasat în blocul motor). De asemenea, **c.** conține, uneori, antecamerele sau camerele de turbionare ale motoarelor diesel, cu camere de ardere divizate.

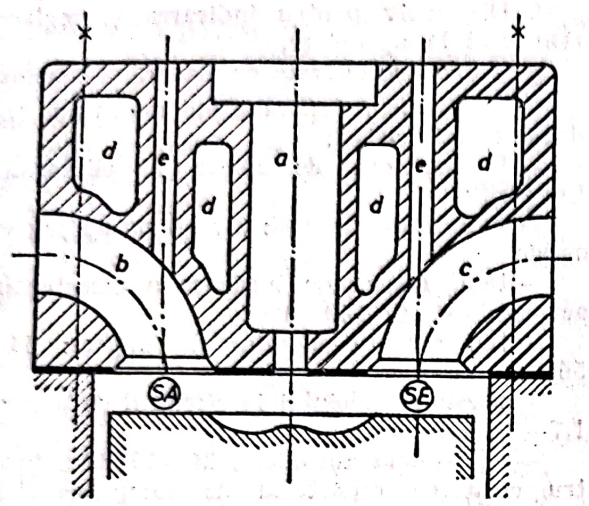


Fig. C.92. Chiulasă pentru un motor cu ardere internă în patru timpi:
a — locaș pentru injector (bujie); *b*, *c* — locașuri pentru canale de distribuție; *d* — spațiu de apă; *e* — locașuri pentru supapele de distribuție.

La motoarele termice în doi timpi, construcția **c.** este de obicei mai simplă, întrucît lipsesc total sau parțial supapele de distribuție.

În timpul funcționării motorului, **c.** este supusă la solicitări mecanice mari, determinate de forța de presiune a gazelor. Încălzirea inegală a diferitelor zone ale **c.** (sediul supapei de evacuare mai cald decît cel al supapei de admisie, canalele de evacuare mai calde decît cele de admisie etc.) produce tensiuni termice, care deformează **c.C.** motoarelor în doi timpi sînt mai puternic solicitate termic, din cauza dublării numărului de cicluri în unitatea de timp, respectiv de procese de ardere în unitatea de timp. Tensiuni importante apar și la montaj, prin strîngerea **c.** În aceste condiții de solicitare complexă, **c.** trebuie să fie rigidă și rezistentă mecanic și termic. De asemenea, în **c.** trebuie să se realizeze o distribuție cît mai uniformă a temperaturilor, ceea ce necesită ca în zonele de mare solicitare termică să fie răcită de apa de răcire a motorului. Amplasarea orificiilor pentru prezoanele de fixare a **c.** trebuie să asigure o presiune de etanșare uniformă pe toată suprafața de așezare. O rigiditate și rezistență mecanică ridicată a **c.** se obține prin utilizarea unor materiale cu proprietăți mecanice și termice adecvate și prin construcția lor în sistem monobloc.

Materiale frecvent folosite pentru confecționarea **c.** sînt fonta și aliajele de aluminiu. **C.** din fontă echipează în general motoarele cu aprindere prin comprimare (diesel) de puteri mari, cu solicitări mecanice și termice ridicate. Fonta posedă proprietăți mecanice ridicate (care se mențin și la temperaturi ridicate) și asigură o rigiditate mare a **c.** Se utilizează, în general, fonta cenușie Fc 15, Fc 20, sau fonta specială aliată cu crom, nichel, molibden, cupru. Aliajele de aluminiu se utilizează la **c.** motoarelor cu aprindere prin scînteie, întrucît micșorează masa motorului și îmbunătățesc calitățile antidetonante ale camerelor de ardere, datorită nivelului termic mai scăzut. **C.** din aliaje de aluminiu se utilizează, de asemenea, la motoarele diesel de puteri mici, pentru micșorarea masei specifice a motorului. La motoarele răcite cu aer se utilizează întotdeauna **c.** din aluminiu, datorită conductibilității termice mai ridicate și fluidității mari a aluminiului la turnare, ceea ce permite obținerea unei construcții cu nervuri de răcire, avînd geometrii variate.

Construcția **c.** depinde de: tipul motorului, forma camerei de ardere, amplasarea supapelor și traseelor canalelor de distribuție a gazelor, poziția bujiei sau a injectorului, sistemul de răcire.

La motoarele cu alezaje mai mici de 150 mm și, în special, la motoarele cu aprindere prin scînteie, este mai răspîndită construcția monobloc (pentru toți cilindrii motorului sau pentru

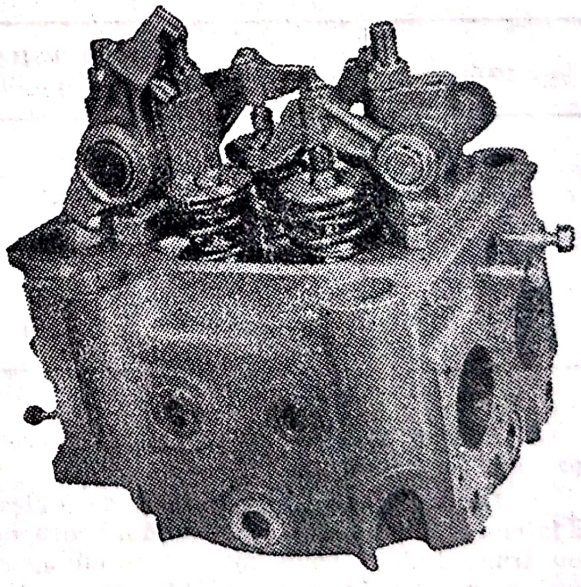


Fig. C.93. Chiulasă individuală pentru un motor diesel în patru timpi.

grupuri de cilindri). **C.** individuală este utilizată pentru motoarele cu alezaje mai mari de 150 mm (fig. C.93), datorită considerentelor privind reducerea tensiunilor termice.

C. individuale pentru motoarele în doi timpi de puteri foarte mari se realizează uneori din

două piese (fig. C.94). Partea inferioară, în contact cu blocul de cilindri, se execută din oțel turnat și cuprinde camera de ardere. Partea superioară a c. se confecționează din fontă și contribuie substanțial la descărcarea celei inferioare de solicitarea produsă de presiunea gazelor. Solidarizarea celor două părți se realizează prin șuruburi repartizate pe conturul c. Apa de răcire este introdusă în regiunea marginală a părții inferioare și este apoi dirijată spre regiunea centrală mai caldă, de unde ajunge în partea superioară a c.

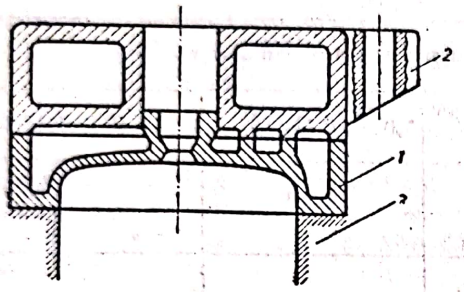


Fig. C.94. Chiulasă individuală, executată din două bucăți:
1 — chiulasă inferioară; *2* — chiulasă superioară; *3* — cilindru.

Pentru motoarele răcite cu aer, c. sînt în general, de tip individual. În unele cazuri, la motoarele cu aprindere prin scînteie și, foarte rar, la motoarele diesel, se folosesc c. pentru doi sau trei cilindri. Caracteristica principală a acestor c. o constituie nervurația exterioară (fig. C.95) pentru răcire. Distribuția și forma nervurilor sînt astfel alese, încît să asigure un cîmp cît mai uniform de temperatură și temperaturi medii cît mai scăzute, pentru a se evita deformările sau eventualele fisurări, datorită tensiunilor termice. Nervurația exterioară pentru răcire este caracteristică și c. pentru compresoarele cu piston. La aceste mașini, c. are o construcție mai simplă, deoarece presupune numai existența supapelor de admisie și refulare care au forma unor discuri (fig. C.96).

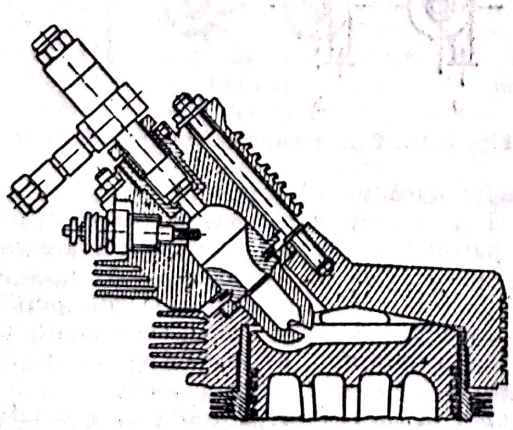


Fig. C.94. Chiulasă individuală, executată din două bucăți.

La motoarele diesel, canalele de admisie și evacuare se prevăd de o parte și de alta a c.

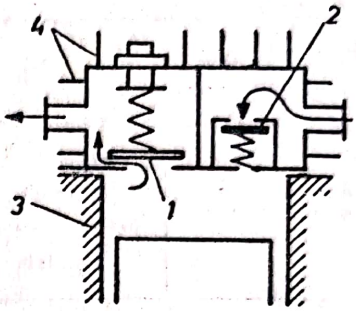


Fig. C.96. Secțiune prin chilasa unui compresor de aer, conținînd supapele de distribuție:
1 — supapă de refulare; *2* — supapă de admisie; *3* — cilindru; *4* — nervuri de răcire a chiulasei.

(fig. C.97), pentru a evita încălzirea excesivă a aerului de admisie și înrăutățirea coeficientului de umplere. Injectorul se montează înclinat și excentric față de axa cilindrului, pentru a oferi condiții mai bune de amplasare a supapelor.

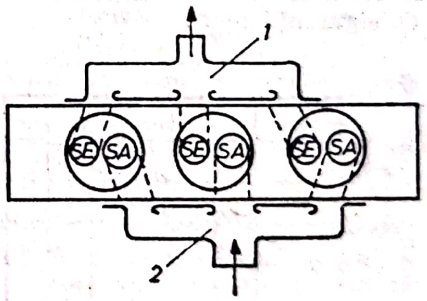


Fig. C.97. Chiulasă monobloc pentru un motor diesel cu trei cilindri:
1 — colector de evacuare; *2* — colector de admisie.

La motoarele cu aprindere prin scînteie plasarea canalelor de admisie și evacuare de aceeași parte a c. este avantajoasă pentru vaporizarea mai bună a combustibilului. Bujia se montează între supape, mai aproape de supapa de evacuare, pentru a evita apariția arderii cu detonație.

Din cauza formei complicate, dimensionarea c. nu se poate face decît folosind rezultatele obținute prin încercarea unor construcții similare. Unele date privind dimensionarea c. pentru motoare diesel stabile de puteri mari și pentru propulsie navală sînt precizate în tabelul C.18 și fig. C.98.

Tabelul C.18

Unele date privind dimensionarea chiulaselor pentru motoare termice (*D* — diametrul cilindrului)

Denumirea dimensiunii		Motoare stabile și navale		Alte utilizări
		în patru timpi	în doi timpi	
Înălțimea chiulasei		(0,5—0,7)*D*	(0,4—0,6)*D*	(0,8—1,25)*D*
Diametrul exterior (pentru chiulase individuale)		(1,5—1,8)*D*	(1,4—1,6)*D*	(1,4—1,8)*D*
Grosimea peretelui suprafeței de așezare pe cilindru	fontă sau oțel	(0,058—0,728)*D*	(0,06—0,71)*D*	(0,08—0,1)*D*
	aluminiu	cu 1—2 mm mai mare (sau mai mult)		
Diametrul prezoanelor		(0,15—0,18)*D*	(0,1—0,12)*D*	(0,1—0,18)*D*
Nr. de prezoane		4—10	10—20	4—20 (după construcție)
Diametrul locașului — supapei de pornire — supapei de evacuare — supapei de admisie — injectorului			(0,15—0,20)*D* (0,25—0,30)*D* (0,35—0,45)*D* (0,12—0,16)*D*	— (0,40—0,45)*D* (0,42—0,5)*D* —

Solicitările termice și mecanice nu se pot stabili cu precizie prin calcul; ca urmare, calculul de verificare al c. se efectuează cu coeficienți de siguranță mari.

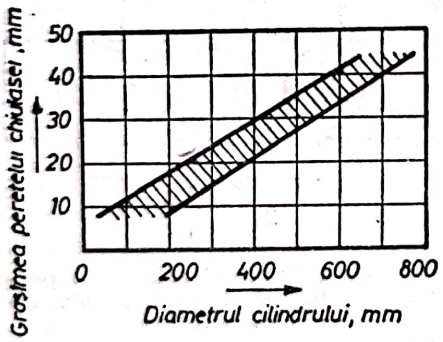


Fig. C.98. Grosimea peretelui chiulasei, în funcție de diametrul cilindrului, pentru motoare diesel navale de puteri mari.

CICLON. Aparat utilizat în tehnica desprăfuirii. Datorită simplității sale constructive și eficacității satisfăcătoare, c. se folosește ca filtru mecanic pentru purificarea gazelor de praful sau pulberile antrenate de ele (avînd ca scop evitarea poluării atmosferei sau recuperarea materiilor valoroase) și ca separator de picături, eliminînd conținutul de lichid dintr-un amestec bifazic lichid-vapori.

C. este alcătuit dintr-un corp cilindric cu fundul conic (fig. C.99) în care, printr-un racord montat tangențial la partea cilindrică, se introduce gazul brut (purtător de particule solide sau lichide). Curentul de gaz fiind puternic turbionat în interiorul c., particulele antrenate suferă sub acțiunea forțelor centrifugă,

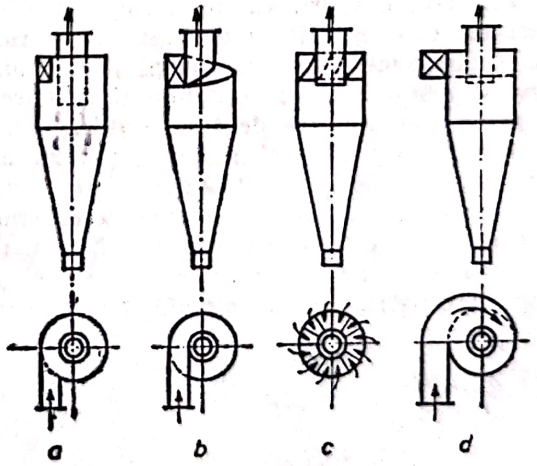


Fig. C.99. Tipuri constructive de cicloane.

aerodinamică, gravitațională și de frecare, modificări de viteză și accelerație, în comparație cu particulele de gaz. Particulele antrenate sînt proiectate spre pereții c., de unde cad în colector și sînt evacuate. Gazul purificat formează un al doilea curent, ascendent, prin mijlocul curentului turbionar descendent, fiind evacuat prin tubul central vertical.

Caracteristica de separare a c. (gradul de desprăfuire fracționată) (fig. C.100), $\eta_F = f(d)$, este practic aceeași pentru diferitele variante

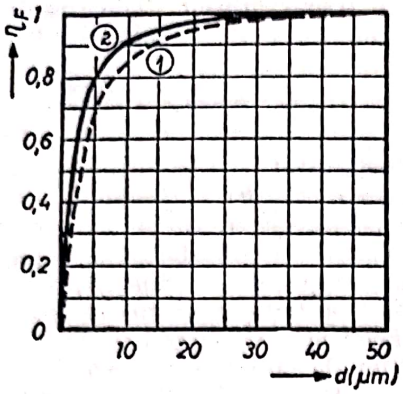


Fig. C.100. Caracteristica de separare a ciclonului:
1 — soluție constructivă (fig. 99 a);
2 — soluție constructivă (fig. 99 b).

ale sistemului de admisie a gazului brut, întrucît regimul de curgere prin c. este același.

Viteza de sedimentare v_0 în c. este dată de relația:

$$v_0 = \frac{d^2 - \rho \cdot \omega^2}{18 \cdot \eta \cdot r \cdot g},$$

în care: d este diametrul particulelor antrenate; ρ — greutatea specifică a gazului; η — viscozitatea dinamică a gazului; r — raza traiectoriei de rotație a curentului de gaz brut; ω — viteza unghiulară a curentului de gaz brut; g — accelerația gravitației.

Viteza de admisie a gazului brut în c. are valori în intervalul 10—25 m/s, peste care, datorită apariției turbulenței, apare o creștere exagerată a pierderilor de presiune și o scădere a randamentului c. Micșorarea diametrului c., în condițiile menținerii constante a vitezei tangențiale de admisie a gazului brut, conduce la mărirea vitezei de depunere a particulelor solide, datorită creșterii forței centrifuge.

O baterie de c. mici (cu diametre între 150—200 mm), montate în paralel, avînd camere comune atît pentru distribuirea și colectarea gazului, cît și pentru colectarea prafului separat, formează un *multiciclon*. El poate funcționa într-un domeniu mai larg de debite, prin cuplarea sau decuplarea unora din elementele bateriei, la temperaturi de pînă la 400°C, cu o cădere de presiune mai mică decît cea corespunzătoare aceluiași grad de separare în cazul unui c. obișnuit. Multiciclonul este format dintr-un corp (fig. C.101) în care sînt montate mai multe elemente fixate în două plăci tubulare; acestea împart interiorul corpului în trei camere. Elementele, de formă cilindrică și terminate la partea inferioară cu o porțiune tronconică, sînt montate vertical, în șiruri paralele. În corpul elementului pătrunde, în zona superioară, o țeavă în exteriorul căreia sînt solidarizate palele. Gazul brut intră în

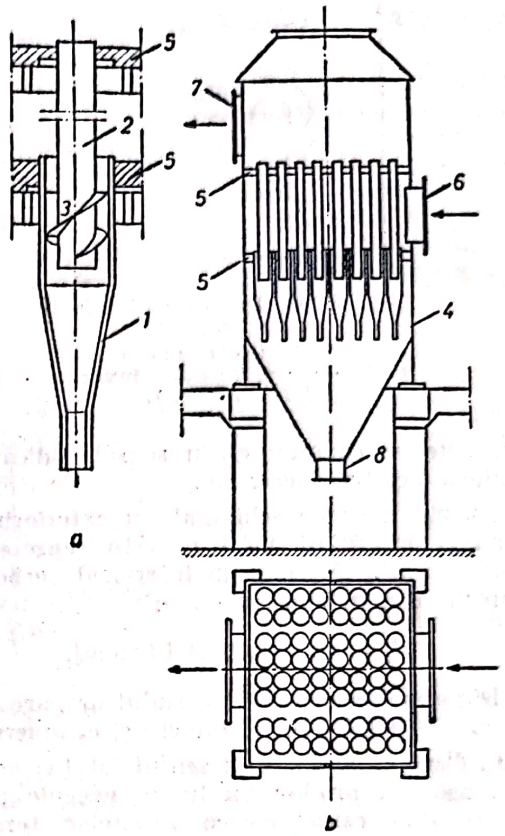


Fig. C.101. Multiciclon:
a — secțiune printr-un element al bateriei; *b* — secțiune prin multiciclon; *1* — corp cilindric; *2* — conductă de ieșire; *3* — palele elicei; *4* — cameră dreptunghiulară; *5* — plăci tubulare; *6* — intrarea gazului brut; *7* — ieșirea gazului desprăfuit; *8* — evacuarea prafului.

camera centrală a multiciclonului, de unde se distribuie în c. elementare, trecînd prin secțiunea inelară, unde capătă o mișcare elicoidală. Datorită acestei mișcări, particulele solide se depun pe pereți, de unde cad prin porțiunea tronconică în camera de praf. Gazul purificat părăsește elementele prin țevile centrale ale acestora și trece în camera de gaz a multiciclonului. Într-o altă variantă constructivă, admisia gazului brut se face pe la partea superioară, prin deschideri concentrice, cu țevile de evacuare prevăzute cu jaluzele curbate care dirijează gazul în fiecare element. În comparație cu c. obișnuit, multiciclonul ocupă un spațiu mai mic, realizează o separare mai bună, dar necesită un consum de energie mai mare.

CICLU TERMODINAMIC. O succesiune de transformări de stare prin care se readuce agentul termic la starea inițială. În diagramele termodinamice c. se reprezintă printr-o succesiune de transformări ce se închid. În fig. C.102 este reprezentat în diagrama *p-v* un ciclu oarecare *1.m.2.n.1*; agentul termic parcurge trans-

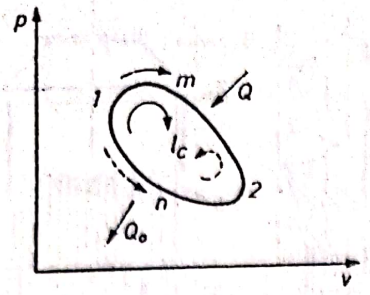


Fig. C.102. Proces ciclic în diagrama p—v:
→ sensul direct (ciclu direct; ·····→ sensul invers (ciclu inversat).

formările ce compun c., în sensul indicat de ordinea acestei succesiuni.

Lucrul mecanic schimbat cu exteriorul în decursul efectuării unui c. este reprezentat grafic de aria cuprinsă în interiorul curbei ce reprezintă c. în diagrama p-v:

$$l_c = \text{aria } 1.m.2.n.1 \text{ [J/ciclu]}.$$

Din punct de vedere al sensului de parcurgere, c. se împart în c. directe și c. inversate.

C. directe, parcurse în sensul rotației acelor de ceasornic, produc un lucru mecanic pozitiv și sînt caracteristice mașinilor termice (motoare cu ardere internă, instalații de turbine cu gaze, instalații de turbine cu abur etc.);

C. inversate, parcurse în sens trigonometric, sînt consumatoare de lucru mecanic exterior și sînt caracteristice instalațiilor frigorifice și pompelor de căldură.

C. Carnot este format din două transformări izoterme și două transformări adiabatice pe care un agent le parcurge în mod succesiv. În fig. C.103 este reprezentat c. Carnot în diagramele p-v și T-s. C. Carnot este reversibil (ideal), avînd un randament termodinamic maxim pentru temperaturile T și T_0 ale sursei calde și reci. Randamentul termodinamic al c. Carnot depinde numai de temperaturile celor două surse de căldură, fiind independent de natura agentului termic utilizat. Randamentul termodinamic al c. Carnot este dat de relația:

$$\eta_{tc} = \frac{T - T_0}{T} = 1 - \frac{T_0}{T}.$$

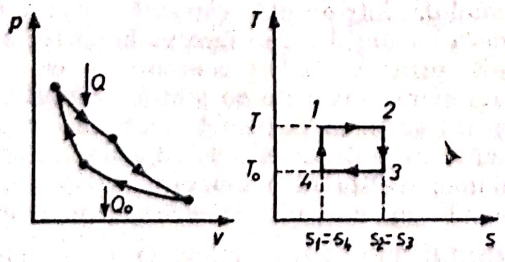


Fig. C.103. Ciclu Carnot, reprezentat în diagramele p—v și T—s:
1—2=destindere izotermă; *2—3*=destindere adiabatică; *3—4*=comprimare izotermă; *4—1*=comprimare adiabatică; Q — căldura primită de la sursa caldă, la temperatura T; Q_0 — căldura cedată sursei reci, la temperatura T_0.

C. motorului cu aprindere prin scînteie (Otto). În fig. C.104 se prezintă c. teoretic al motoarelor în patru timpi, care este format din următoarele transformări: aspirația izobară a amestecului carburant; comprimarea adiabatică; arderea la volum constant; destinderea adiabatică; evacuarea izocoră (liberă) a gazelor pînă la presiunea mediului ambiant; evacuarea izobară (forțată) la presiune constantă. C. real (ireversibil) diferă ca formă de c. teoretic prin natura transformărilor ce compun ciclul, care nu mai sînt adiabatice, izocore sau izobare reversibile, ci transformări oarecare (ireversibile). În fig. C.105 se prezintă c. real al unui motor cu benzină, în patru timpi.

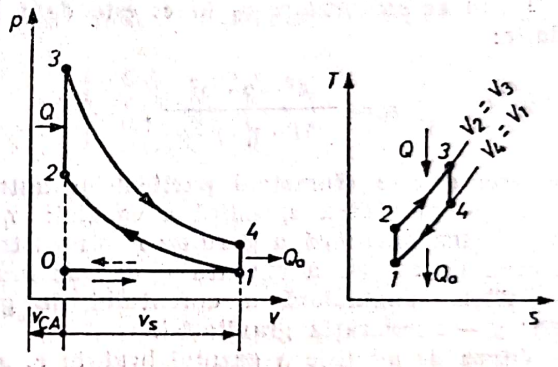


Fig. C.104. Ciclul teoretic al motorului cu aprindere prin scînteie (Ciclul Otto):
0—1=aspirație la presiune constantă; *1—2*=comprimare adiabatică; *2—3*=ardere la volum constant; *3—4*=destindere adiabatică; *4—1*=evacuare liberă a gazelor la volum constant; *1—0*=evacuare forțată a gazelor la presiune constantă.

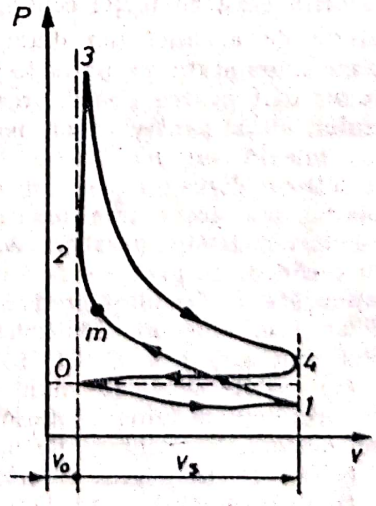


Fig. C.105. Ciclul real al motorului cu aprindere prin scînteie:
m — declanșarea scînteii.

Scanned with OKEN Scanner

La motoarele în doi timpi , c. se realizează într-o singură rotaţie a arborelui cotit. La aceste motoare s-au păstrat timpii principali de comprimare şi destindere, comuni tuturor motoarelor termice, lipsind însă timpii de aspiraţie şi de evacuare, ca faze independente. Procesele de aspiraţie şi evacuare sînt înlocuite prin faze de scurtă durată la sfîrşitul cursei de destindere şi începutul cursei de comprimare, realizate prin diferite sisteme constructive.

C. motorului diesel (cu aprindere prin comprimare — fig. C.106). **C.** teoretic al motoarelor în patru timpi este format din: aspiraţia izobară a aerului; comprimarea adiabatică; injectarea şi arderea simultană a combustibilului la presiune constantă; destinderea adiabatică; evacuarea izocoră (liberă) a gazelor pînă la presiunea mediului ambiant; evacuarea izobară (forţată). **C.** real ireversibil diferă de cel teoretic prin alura curbelor de comprimare şi destindere, care nu mai sînt adiabate, arderea avînd loc la presiune constantă. Datorită faptului că închiderea supapelor nu se face în punctele extreme ale cursei, fazele c. se suprapun parţial, rezultînd o rotunjire a vîrfurilor (fig. C.107).

La motoarele în doi timpi, în primul timp are loc arderea, urmată de destindere şi începutul evacuării, iar în al doilea timp are loc

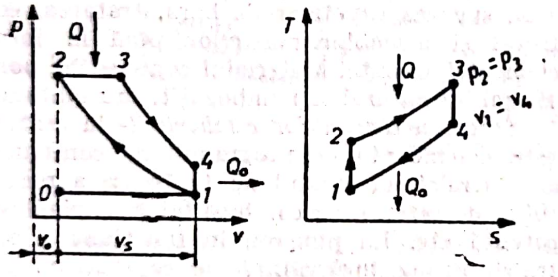


Fig. C.106. Ciclul teoretic al motorului cu aprindere prin comprimare (ciclul Diesel):
0—1=aspiraţie la presiune constantă; *1—2*=comprimare adiabatică; *2—3*=ardere la presiune constantă; *3—4*=destindere adiabatică; *4—1*=evacuare liberă a gazelor la volum constant; *1—0* =evacuare forţată a gazelor la presiune constantă.

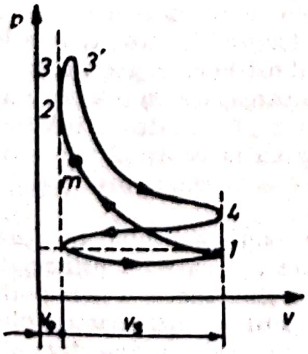


Fig. C.107. Ciclul real al motorului cu aprindere prin comprimare:
m — începutul injecţiei.

baleiajul gazelor arse, admisia aerului proaspăt şi comprimarea.

C. teoretic al motorului cu ardere mixtă este c. după care funcţionează motoarele semidiesel sau cu cap incandescent şi în care combustibilul este injectat înainte de sfîrşitul comprimării, căldura fiind cedată agentului termic, parţial, la volum constant şi parţial, la presiune constantă (fig. C.108). **C.** real (ireversibil) al motorului cu ardere mixtă este prezentat în fig. C.109.

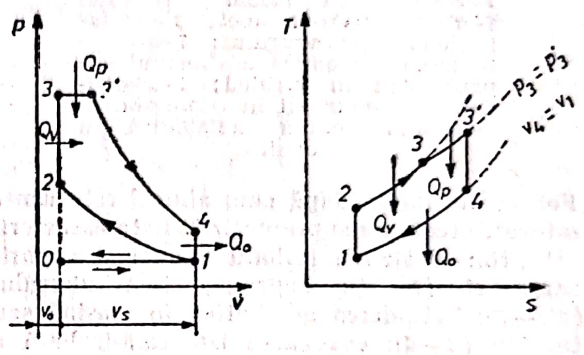


Fig. C.108. Ciclul teoretic al motorului cu ardere mixtă, în patru timpi, reprezentat în diagramele *p—v* şi *T—s*:
0—1=aspiraţie la presiune constantă; *1—2*=comprimare adiabatică; *2—3*=ardere la volum constant; *3—3'*=ardere la presiune constantă; *3—4*= destindere adiabatică; *4—1*=evacuare liberă a gazelor la volum constant; 1—0=evacuare forţată a gazelor la presiune constantă.

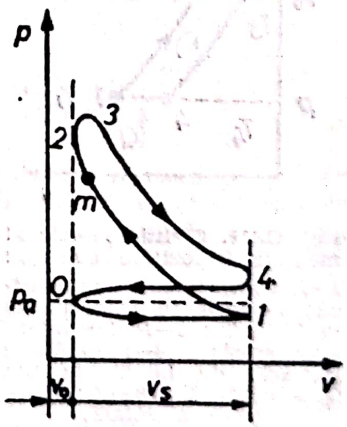


Fig. C.109. Ciclul real al motorului cu ardere mixtă:
m — începutul injecţiei.

C. instalaţiilor cu turbine cu gaze este compus dintr-o fază de comprimare (adiabată sau izotermă), o fază de ardere (izobară sau izocoră) şi o fază de destindere (adiabată). Instalaţia în care se realizează c. este compusă din: compresor de aer (turbocompresor); cameră de ardere; turbină de gaze.

C. Rankine este c. teoretic al maşinilor şi turbinelor cu abur, care înglobează într-o singură diagramă *T-s* (fig. C.110) transformările ce au loc în cazan, maşină, condensator şi în pompa de alimentare cu apă a cazanului.

Scanned with OKEN Scanner

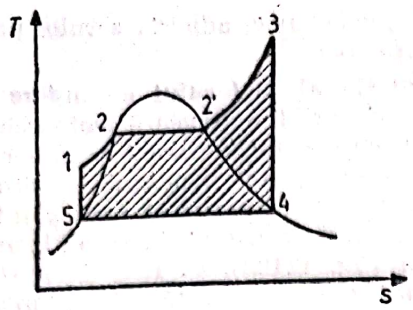


Fig. C.110. Ciclul Rankine: *1—2*=încălzirea izobară a apei; *2—2'*=vaporizarea apei; *2'—3*=supraîncălzirea aburului; *3—4*=destinderea adiabatică a aburului supraîncălzit în turbină; *4—5*=condensarea aburului în condensator; *5—1*=comprimarea adiabatică a apei.

Forma lui diferă după cum aburul este umed saturat, uscat sau supraîncălzit. Este caracterizat prin: încălzirea izobară a apei și vaporizarea ei (*1—2'*); supraîncălzirea aburului (*2'—3*); destinderea adiabatică în mașină sau turbină (*3—4*); evacuarea izotermă-izobară a căldurii în condensator (*4—5*); comprimarea adiabatică a apei (*5—1*).

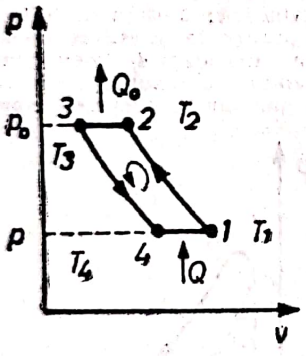


Fig. C.111. Ciclul teoretic al mașinii frigorifice cu aer: *1—2*=comprimare adiabatică; *2—3*=răcire izobară, de la T_2 la T_3; *3—4*=destindere adiabatică; *4—1*=încălzire izobară, de la T_4 la T_1; Q — căldură primită; Q_0 — căldură cedată.

C. frigorific este c. instalațiilor frigorifice, compus din comprimare și destindere adiabatică, încălzirea și răcirea agentului termic făcîndu-se izoterm-izobar. Parcurgerea c. se face în sens invers acelor de ceasornic. În fig. C.111 este reprezentat în diagrama *p-v* c. teoretic al mașinilor frigorifice cu aer.

CICLUL COMBUSTIBILULUI NUCLEAR. Etapele și operațiile efectuate în vederea alimentării cu combustibil a reactoarelor nucleare energetice. **C.c.n.** cuprinde (fig. C.112): extracția și rafinarea minereului, îmbogățirea conținutului de izotopi fisionabili, fabricarea inițială a elementelor combustibile, folosirea acestora în reactorul nuclear, prelucrarea chimică în scopul recuperării materialului fisionabil rămas în combustibilul uzat, reîmbogățirea materialului combustibil și fabricarea de noi elemente combustibile, tratarea deșeurilor radioactive.

Extragerea minereurilor și prepararea concentratelor de uraniu sub forma U_3O_8 revine de regulă unei întreprinderi miniere atît prin specificul operațiilor, cît și din motive de transport. Conținutul de uraniu al celor mai bogate minereuri nu depășește cîteva procente, astfel încît transportul lor pe distanțe mari reprezintă cote mari în prețul de cost al produsului. Prelucrarea concentratului cuprinde: prepararea U_3O_8, conversia U_3O_8 în UF_6, îmbogățirea și reconversia UF_6 în UO_2. Conversia U_3O_8 și a nitratului de uraniu în tetraflorură de uraniu UF_6, îmbogățirea uraniului în conținutul cerut de U-235 și reconversia UF_6 în UO_2 constituie ansamblul de operații necesare pentru obținerea materialului combustibil. Îmbogățirea în conținutul de izotop fisionabil se face în instalații de difuzie mari, complicate, deosebit de scumpe și cu consumuri foarte ridicate de energie electrică.

Fabricarea elementelor combustibile cuprinde: tratamentele materialului combustibil pînă la aducerea lui la puritatea și forma necesară (bare, pastile, plăci, pulbere), introducerea în teci, sudarea capetelor de bară, tratarea, controlul și asamblarea barelor pînă la forma elementelor finite. Materialul combustibil poate fi uraniul natural sau îmbogățit, sau plutoniul.

Stocarea *elementelor combustibile* la centrală este dependentă de programul de construcție al centralei, de modul de încărcare a reactorului, de rezerva de combustibil în exploatarea curentă etc. La punerea în funcțiune a centralei, prima încărcătură de combustibil trebuie adusă înainte ca centrala să fie dată în exploatare, cu timpul necesar pentru încărcare și efectuare de probe. Acest timp este foarte important, în special datorită volumului mare al primei încărcături. În timpul exploatării, depozitarea la centrală preia diferențele care apar între producția de elemente combustibile și încărcarea în reactor, mai ales cînd aceasta se face în tranșe. În sfîrșit, o rezervă de elemente combustibile, reprezentînd cîteva procente din încărcătura de echilibru a reactorului, este indicat să fie păstrată tot timpul la centrală. Stocarea la centrală afectează nu numai costurile, ci și volumul producției de combustibil.

Arderea combustibilului în reactor este o operație care are ca scop principal producerea de energie, avînd consecințe importante asupra optimizării gospodăririi materialului fisionabil. Caracterul puternic radioactiv al produselor de fisiune face necesar ca, după scoaterea din reactor, elementele combustibile iradiate să fie depozitate într-un bazin de calmare, unde

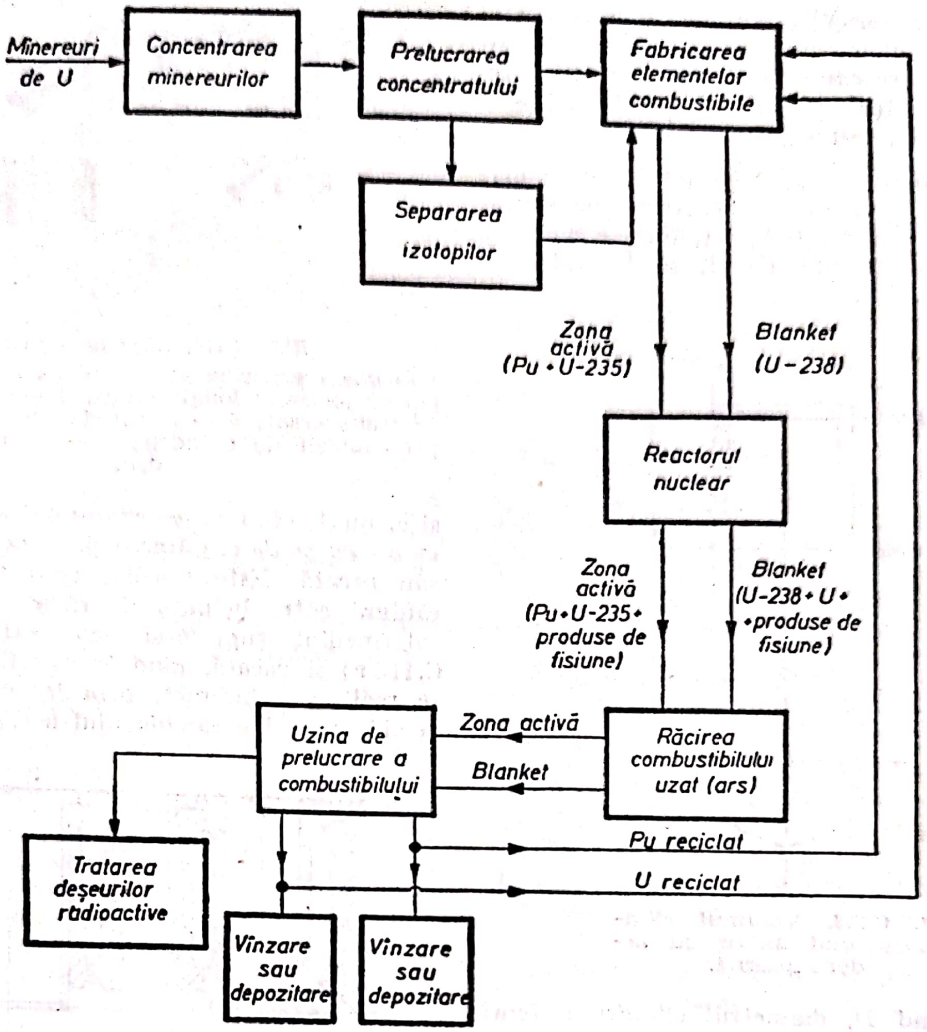


Fig. C.112. Ciclul combustibilului nuclear.

sînt ţinute pînă cînd radioactivitatea lor se reduce la o limită acceptabilă. Această limită rezultă din punerea în balanţă a valorii plutoniului şi eventual a uraniului îmbogăţit, blocată pe timpul calmării şi a costului transportului şi extracţiei plutoniului şi uraniului, care scade cu durata perioadei de calmare. Materialul fisionabil recuperat este vîndut sau reciclat — reintrodus în ciclul de combustibil — la o etapă corespunzătoare: uraniul, la instalaţia de îmbogăţire, iar plutoniul, la fabrica de elemente combustibile.

Într-o centrală nucleară sau uzină de prelucrare a combustibilului nuclear, *deşeurile radioactive* pot fi prezente în fazele gazoasă, lichidă sau solidă; ele provin din exploatarea sistemelor părţii nucleare şi depind de tipul reactorului. Alegerea şi dimensionarea sistemului de tratare, depozitare sau evacuare a deşeurilor radioactive depind de normele de protecţie admise, de compoziţia şi caracteristicile fizico-chimice ale efluenţilor radioactivi, de posibilităţile de diluare a acestora, precum şi de condiţiile meteorologice şi topografice, de caracteristicile biologice şi vegetale ale zonei înconjurătoare. Deşeurile radioactive gazoase sînt compuse din gaze activate sau din produse de fisiune gazoase scăpate prin neetanşeităţile elementelor combustibile. Instalaţia de tratare a deşeurilor gazoase asigură: răcirea, filtrarea, colectarea şi depozitarea gazelor în rezervoare de calmare, în vederea reducerii naturale a activităţii prin dezintegrare, diluarea gazelor cu aer neactiv şi evacuarea gazelor printr-un coş înalt de ventilaţie. Deşeurile radioactive lichide se datoresc ionilor activaţi dizolvaţi sau particulelor active aflate în suspensie în apă. Sistemul de tratare cuprinde: colectarea deşeurilor din diferite surse, filtrarea în vederea reţinerii suspensiilor solide, evaporarea, schimbul ionic şi colectarea pentru controlul final, după care se hotărăşte posibilitatea evacuării în mediul ambiant. Deşeurile radioactive solide provin în mod direct, ca urmare a operaţiilor de exploatare a sistemului nuclear, sau indirect, ca rezultat al tratării deşeurilor gazoase sau lichide. Deşeurile solide se pot prezenta sub formă de materiale combustibile, materiale compactibile şi piese rigide. Tratarea acestora se face prin depozitare,

Scanned with OKEN Scanner

urmărindu-se compactarea lor, înglobarea în conteinere pentru uşurarea manipulării şi izolarea lor prin stocarea în depozitul final, reprezentat de peşteri, puţuri de petrol, mine şi saline părăsite, sau depresiuni marine.

CILINDREE. Volumul cilindrului unui motor, cuprins între poziţiile extreme ale suprafeţei de lucru ale pistonului (punctele moarte), deci volumul generat de el, în timpul unei curse (fig. C.113).

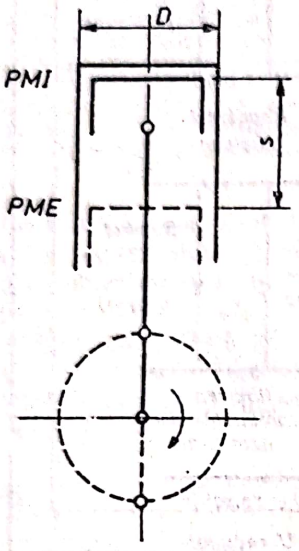


Fig. C.113. Volumul cilindrului unui motor cu ardere internă.

Considerînd D, diametrul cilindrului [cm] şi s, cursa pistonului, cuprinsă între poziţiile extreme ale lui (punctele moarte, interior P.M.I. şi exterior P.M.E.) [cm], volumul cilindrului, respectiv c. este:

$$V_1 = \frac{\pi}{4} D^2 s \ [\text{cm}^3].$$

C. *totală* reprezintă suma c. tuturor cilindrilor unei maşini de forţă policilindrice. **C.** totală (denumită şi *capacitate cilindrică*), exprimată în litri, constituie un criteriu de comparaţie pentru motoarele de autovehicule (în special autoturisme) din punctul de vedere al mărimii motorului.

CILINDRU. Organ fix al maşinilor termice cu piston, în interiorul căruia se deplasează pistonul. Noţiunea de c., ca organ de maşină, este semnificativă numai pentru maşinile termice monocilindrice sau cele policilindrice care sînt realizate cu c. independenţi. Majoritatea maşinilor termice se realizează, însă, cu c. montaţi într-un bloc comun (fig. C.114), numit *bloc de cilindri*.

C. se execută în trei soluţii constructive: c. nedemontabil, cînd acesta face corp comun cu blocul, c. demontabil (cămaşă de cilindru)

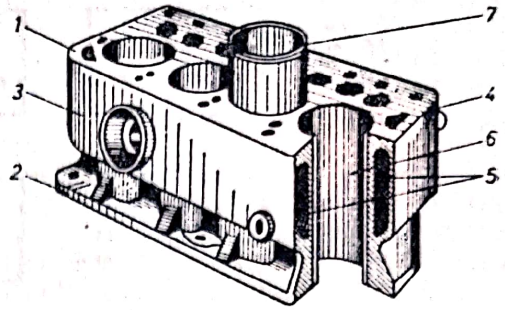


Fig. C.114. Bloc de cilindri:
1 — placă superioară; *2* — placă inferioară; *3* — perete exterior longitudinal; *4* — perete exterior transversal; *5* — spaţii de răcire; *6* — locaşul cămăşii de cilindru; *7* — cămaşă de cilindru.

şi c. mixt, cînd c. nedemontabil este prevăzut cu o *cămaşă de* c. Cămaşa de c. poate fi umedă sau uscată. Este umedă, cînd transferul de căldură către lichidul de răcire are loc prin intermediul suprafeţei sale exterioare (fig. C.115 a) şi uscată, cînd transferul de căldură se realizează indirect, prin intermediul peretelui interior al c. sau blocului de c. (fig. C.115 b).

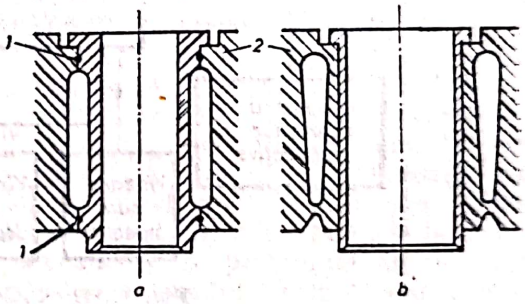


Fig. C.115. Soluţii constructive de cămăşi de cilindru:
a — de tip umed; *b* — de tip uscat; *1* — garnitură de etanşare; *2* — bloc de cilindri.

C. (blocul de c.) cu cămăşi de c. prezintă următoarele avantaje: execuţia cămăşilor de c. dintr-un material de calitate superioară, cu rezistenţă înaltă la uzură şi utilizarea unui material mai ieftin pentru c. (bloc); menţinerea în serviciu a c. şi în cazul uzurii sau defectării cămăşii de c.; reducerea tensiunilor termice ale cămăşii de c., întrucît nu este limitată dilatarea ei pe direcţie axială; înlocuirea uşoară în exploatare a cămăşilor de c. uzate. Aceste motive determină răspîndirea aproape universală a acestei soluţii.

Suprafaţa interioară a c. care vine în contact cu pistonul şi segmenţii se numeşte oglinda cilindrului. Suprafaţa exterioară a c. poate fi simplă (cilindrică) sau nervurată, după cum răcirea lui se realizează cu apă cu aer.

C. maşinilor termice cu piston este supus forţei de presiune a fluidului de lucru (gaze arse — la motoarele cu ardere internă, abur — la maşinile cu abur, aer — la compresoare),

Scanned with OKEN Scanner

tensiunilor termice, precum și uzurii de toate tipurile (corosivă, abrazivă, adezivă, prin cavitație). Uzura suprafeței interioare a c. sau cămășii de c. constituie una din principalele cauze care limitează durata de funcționare a unei mașini termice cu piston. Oglinda c. suportă trei tipuri de uzură: uzura corosivă, uzura abrazivă și uzura adezivă.

Uzura corosivă apare ca rezultat al contactului dintre metal și unii produși agresivi chimic care se formează în procesul de ardere, la motoarele cu ardere internă, sau în procesul de evoluție a fluidului de lucru, la mașinile cu abur și compresoare (ex.: acizii acetic și azotic, formaldehidele, vaporii de apă etc.) și care condensează pe oglinda c.

La motoarele cu ardere internă prezența sulfului în combustibil intensifică uzura corosivă datorită oxizilor de sulf (SO_2 și SO_3) care, împreună cu vaporii de apă, formează acizii sulfhidric și sulfuros.

Uzura abrazivă a oglinzii c. este produsă de particulele dure aspirate din atmosferă, particule conținute în ulei (așchii de metal, particule de calamină, cuarț etc.) și în combustibil.

Uzura adezivă este consecința contactului direct dintre piston, segmenți și cilindru, contact care este posibil la punctele moarte, deoarece viteza pistonului este nulă și ungerea hidrodinamică este compromisă. Uzura adezivă este maximă la punctul mort interior, datorită presiunii ridicate a gazelor, care acționează în spatele primului segment și temperaturii ridicate a acestuia și a zonei superioare a c., care favorizează formarea unor oxizi superficiali cu rezistență mecanică redusă. La mașinile termice cu mecanism bielă-manivelă, uzura este amplificată și de forța normală (fig. C.116) care apasă pistonul pe oglinda c. În cazul motoarelor cu ardere internă, forța N este variabilă în mărime, direcție și sens, ceea ce provoacă uzura inegală a c. (fig. C.116 a). În plan perpendicular pe planul care conține forța N, uzura este minimă (fig. C.116 b), deoarece presiunea dintre piston și c. este practic nulă.

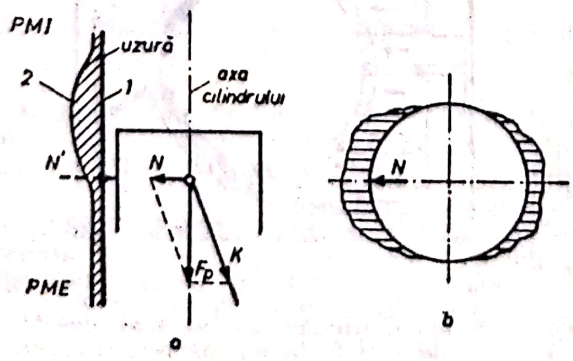


Fig. C.116. Uzura cilindrului datorită forței normale:
a — uzura în lungul generatoarei cilindrului; b — uzura în plan perpendicular pe axa cilindrului; 1 — generatoarea cilindrului neuzat (inițial); 2 — generatoarea cilindrului după uzură.

În tabelul C.19 sînt date valori ale presiunii specifice admisibile între piston și c., pentru diferite tipuri de motoare cu ardere internă.

Tabelul C.19

Valorile presiunii specifice admisibile între piston și cilindru pentru motoare cu ardere internă

Tipul motorului	p_{adm} daN/cm²
Motoare diesel lente	2,5—3,5
Motoare diesel semirapide	2,5—5,0
Motoare diesel rapide	5,0—7,6
Motoare diesel supraalimentate	10
Motoare pentru autocamioane și tractoare	1,5—3,5
Motoare pentru autoturisme	3,0—6,0
Motoare pentru avion	7,0—11

Factorii care determină uzura c. mașinilor termice sînt numeroși și variați: regimul de funcționare al mașinii (sarcină, turație, stare termică); presiunea exercitată de segmenți; regimul de ungere a c.; gradul de impurificare al aerului, uleiului și combustibilului, natura, viscozitatea și stabilitatea uleiului; compoziția chimică și fracționată a combustibilului, natura materialului c.; tehnologia de finisare a oglinzii c. (rugozitate, tratament termic, tratament termochimic); deformațiile c. produse de montaj sau de regimul termic de funcționare.

În motoarele termice, contactul suprafeței interioare a c. cu gazele fierbinți și a celei exterioare cu fluidul răcitor dă naștere la solicitări termice importante. Răcirea suprafeței exterioare a c. provoacă o scădere sensibilă a temperaturii în direcție radială. În fig. C.117 este prezentată variația temperaturii unei cămăși

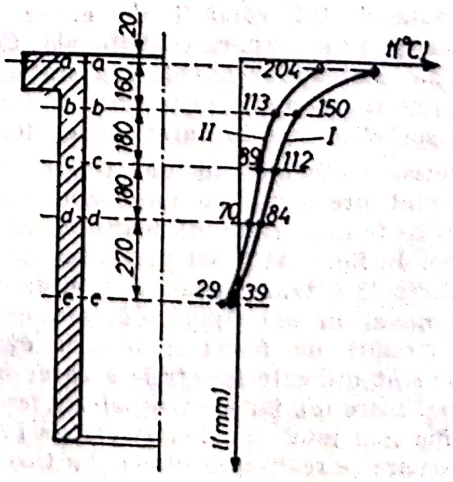


Fig. C.117. Variația temperaturii unui cilindru de motor cu ardere internă pe suprafețele interioară și exterioară.

Tabelul C.20

Fonte aliate utilizate la confecționarea cilindrilor mașinilor termice

Fonta	Compoziția chimică [%]								Caracteristici mecanice		
	C	Si	Mn	P (max)	S	Cr	Mo	Ni	Duritate [HB]	Rezist. la încovoiere [daN/cm²]	Rezist. la întindere [daN/cm²]
A	3,2–3,5	1,8–2,2	0,6–1	0,3–0,5	0,07	0,2–0,5	–	0,5–0,8	220–280	min 48	min 26
B	3,2–3,5	1,8–2,2	0,6–1	0,3–0,5	0,07	0,2–0,5	0,3–0,6	–	230–290	min 46	min 28

de c. a unui motor cu ardere internă, pe ambele suprafețe. În zona superioară, unde gradientul de temperatură în direcție radială are valori mai mari, tensiunile termice din materialul cămășii de c. ating valorile cele mai ridicate. În această zonă, apar eforturi unitare de compresiune în fibrele suprafeței interioare și de întindere în fibrele suprafeței exterioare.

Solicitările menționate impun c. condiții deosebite de rezistență mecanică, rezistență la uzură, precum și împotriva coroziunii suprafeței de lucru și a celei în contact cu mediul de răcire. Cămășile c. se execută, în general, din fontă cenușie aliată, deoarece aceasta satisface cel mai bine deziderateie menționate. În cazuri speciale (de exemplu, pentru motoarele de avion), se utilizează oțel-crom-nichel, nitrurat. Fonta se aliază cu Ni, Cr, Mo, Cu, Ti, care îi asigură o duritate de 360—440 HB.

În tabelul C.20 sînt prezentate compozițiile chimice și caracteristicile mecanice pentru două fonte speciale aliate pentru cilindri: *A* — fontă aliată cu Cr-Ni, cu rezistențe mari la frecare și la solicitări mecanice și *B* — fontă aliată cu Cr-Mo, cu rezistențe ridicate la frecare și la solicitări termice.

Semifabricatul cămășii de c. se obține, în general, prin turnare centrifugală. Cămășile de c. ale motoarelor navale sau staționare de mare putere se obțin prin turnare statică în forme metalice sau în amestec de formare.

Pentru motoarele în doi timpi, cămășile de c. sînt prevăzute cu unul sau mai multe rînduri de ferestre (lumini), necesare schimbului de gaze. În fig. C.118 sînt prezentate secțiunile longitudinală și transversală prin c. unui motor diesel naval în doi timpi. Cămașa de c. are două rînduri de ferestre: pentru evacuarea gazelor sînt utilizate ferestrele a căror înălțime este mai mare (*e*), iar pentru baleiaj, ferestre cu înălțime mai mică (*b*). Ferestrele de baleiaj și de evacuare se realizează direct din turnare sau prin frezarea cămășii de c. Realizarea unui rînd sau două de ferestre, de o parte și de alta a c., suprapuse sau la extremitățile c., se face după cum baleiajul se realizează în buclă deschisă, în buclă închisă sau în echicurent (fig. C.119).

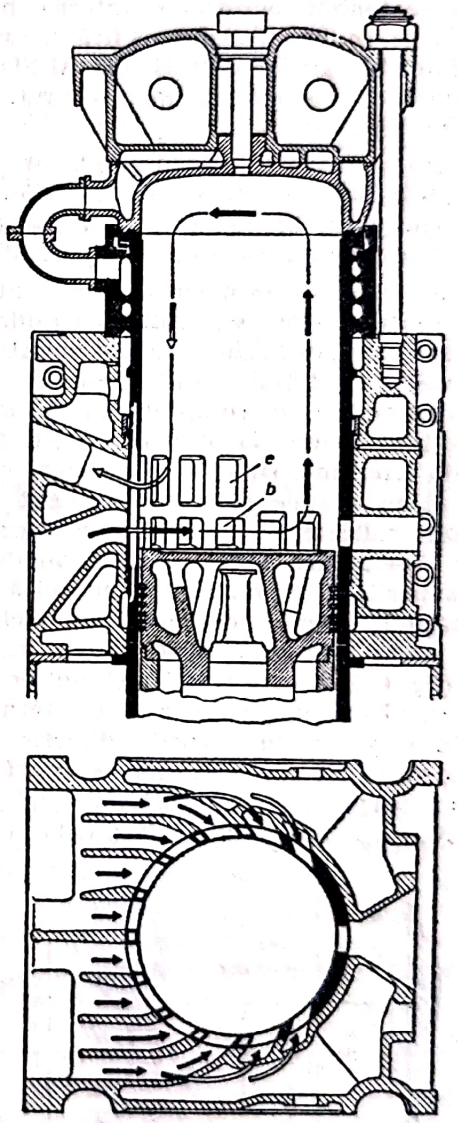


Fig. C.118. Cilindru pentru un motor diesel naval în doi timpi, cu două rînduri de ferestre de baleiaj în buclă închisă.

La motoarele răcite cu aer, particularitatea principală a c. o constituie nervurile exterioare

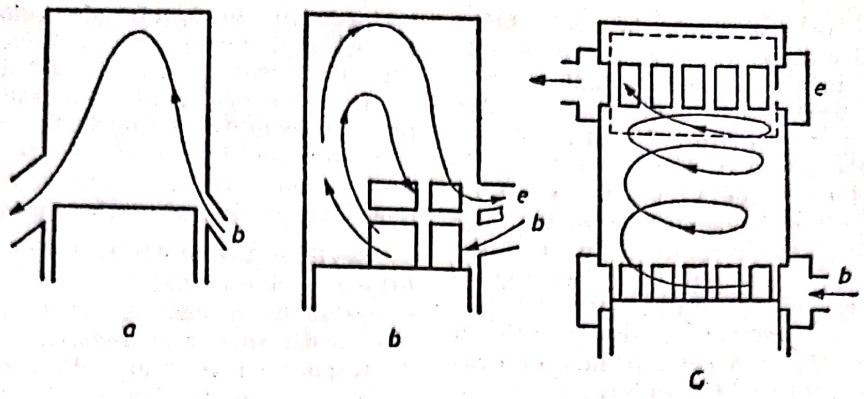


Fig. C.119. Cilindri pentru motoare în doi timpi:
a — cilindru cu ferestre opuse (baleiaj în buclă deschisă; *b* — cilindru cu două rînduri de ferestre suprapuse (baleiaj în buclă închisă); *c* — cilindri cu două rînduri de ferestre la extremităţi (baleiaj în echicurent).

(fig. C.120) care măresc suprafaţa de răcire. Nervurile contribuie şi la rigidizarea **c.** La aceste motoare, **c.** sînt de tipul independent şi se fixează separat pe carter.

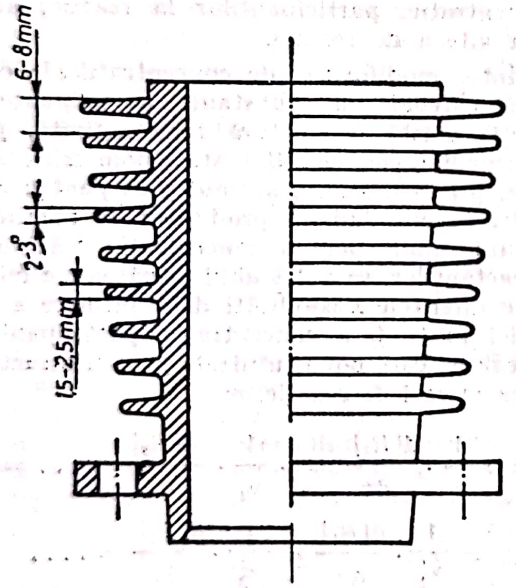


Fig. C.120. Cilindru pentru un motor răcit cu aer.

C. motoarelor răcite cu aer se execută, de obicei, din fontă; pentru îmbunătăţirea schimbului de căldură, se pot executa şi din materiale cu conductibilitate mai mare (ex.: aliaje de aluminiu); acestea au, însă, dezavantajul că necesită în mod obligatoriu durificarea suprafeţei de lucru.

O soluţie constructivă intermediară constă în realizarea unei cămăşi de **c.** din fontă sau oţel, prevăzută în exterior cu o manta nervurată din aliaje de aluminiu (fig. C.121). Cămaşa de **c.** din fontă se poate presa sau poate fi înglobată la turnare în mantaua nervurată executată din aliaj de aluminiu.

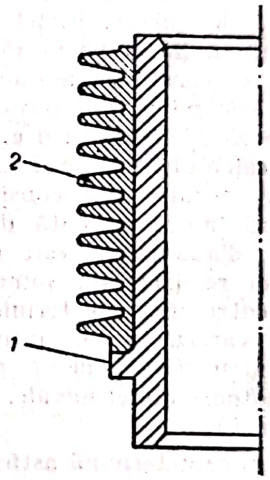


Fig. C.21. Cilindru executat din două piese pentru motoare răcite cu aer: *1* — cămaşă de cilindru din fontă; *2* — manta nervurată din aliaj de aluminiu.

În cămăşile de **c.** de tip umed este necesară asigurarea etanşeităţii spaţiului prin care circulă lichidul de răcire. Etanşeitatea se asigură cu inele sau garnituri de cauciuc montate în diferite variante (fig. C.122).

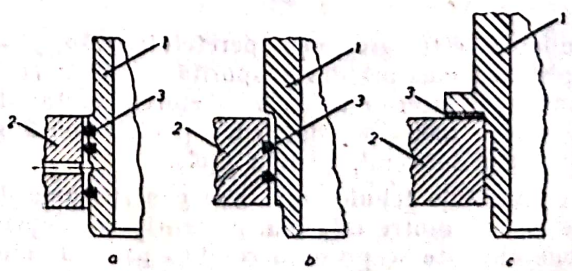


Fig. C.122. Soluţii constructive de etanşare a cămăşilor de cilindru de tip umed:
1 — cămaşă de cilindru; *2* — cilindru; *3* — garnituri de etanşare.

Ungerea c. se realizează, la majoritatea mașinilor termice cu piston (mai ales la cele de turație mare), prin intermediul ceții de ulei rezultată prin barbotarea uleiului din carter de către mecanismul motor. Uneori, ungerea c. prin barbotare este atît de abundentă, încît este necesar ca uleiul de pe oglinda c. să fie îndepărtat de către segmenții de raclare. La motoarele termice lente (motoare navale, generatoare de gaze cu pistoane libere) este necesară ungerea c. sub presiune. Ungerea sub presiune este, de asemenea, importantă la motoarele în doi timpi la care, în faza de evacuare, gazele arse exercită o puternică acțiune de oxidare și spălare a peliculei de ulei de pe oglinda c. și este indispensabilă la motoarele cu cap de cruce și la cele cu carter uscat, la care ungerea prin barbotare nu este posibilă. Ungerea sub presiune a oglinzii c. se realizează prin pompe cu reglajul debitului de ulei destinat fiecărui punct de ungere. Punctele de ungere sînt repartizate uniform pe periferia c.

Diametrul c. constituie o dimensiune fundamentală a oricărei mașini termice cu piston și se numește *alezaj*. Diametrul c. se stabilește ca rezultat al calculului termic al mașinii termice respective sau rezultă din considerente constructive, fiind impus ca dată de proiectare. De asemenea, diametrul c. este corelat și cu posibilitățile de realizare din punct de vedere tehnologic. Pentru mașinile termice cu piston, diametrul c. variază de la cîțiva milimetri (motoare pentru aeromodele) pînă la cca 1 000 mm (motoare diesel navale, în doi timpi, de turație mică).

Lungimea c. se determină astfel, încît mantaua pistonului (cînd pistonul se află la punctul mort exterior) să nu depășească marginea inferioară a c. cu o anumită distanță.

Grosimea cămășilor de c. de tip uscat este de 2—4 mm, iar a celor de tip umed de 5—9 mm (la motoarele navale și la generatoarele de gaze cu pistoane libere, grosimea c. este mai mare). Grosimea peretelui c. se verifică la presiunea maximă din interiorul c., utilizînd formulele pentru tuburi cu pereți subțiri:

$$s = \frac{1{,}5 \cdot p_{max} \cdot D}{2\sigma_t},$$

unde: s este grosimea peretelui; $1{,}5p_{max}$ — presiunea maximă din c. sporită cu 50 %; D — diametrul interior al c.; σ_t — efortul unitar de întindere (300—500 daN/cm², pentru fontă și 400—800 daN/cm², pentru oțel).

Condițiile tehnice prescrise pentru cămășile de c. sînt dintre cele mai pretențioase. Pentru semifabricate se prescriu condiții privind compoziția chimică, iar pentru piesa finită, condiții referitoare la precizia dimensională, forma geometrică, rugozitatea suprafețelor interioare și a gulerelor de centrare. Toleranțele alezajului se prescriu, în funcție de valoarea acestuia, în sistemul alezaj unitar. Rugozitatea suprafeței de lucru este de 0,2—0,8 microni.

De asemenea, pentru cămășile de c. se mai prescriu condiții de duritate, condiții pentru tratamentele termochimice (nitrurare, fosfatare, cromare etc.), precum și condiții de verificare la etanșeitate prin probe de presiune.

CINETICĂ CHIMICĂ. Ramură de sine stătătoare a chimiei fizice care se ocupă cu studiul vitezelor de desfășurare a proceselor chimice și a mecanismelor de reacție.

Notînd cu R_i reactanții (produșii inițiali), cu ν_i coeficienții lor stoechiometrici, cu P_i produșii finali (de reacție) și cu ν'_i coeficienții stoechiometrici ai acestora, un proces chimic general se poate scrie sub forma:

$$\nu_1 R_1 + \nu_2 R_2 + \ldots \rightarrow \nu'_1 P_1 + \nu'_2 P_2 + \ldots$$

În timpul desfășurării procesului chimic, concentrația reactanților se micșorează, iar a produșilor de reacție crește. O reacție chimică poate fi caracterizată prin variația în timp a concentrației participanților la reacție, adică prin viteza de reacție.

Între modificările de concentrații ale celor două categorii de substanțe participante la reacție există o legătură bine definită, prin intermediul coeficienților stoechiometrici. Alegînd, prin convenție, semnul plus pentru concentrația crescîndă a produșilor de reacție și semnul minus pentru concentrația scăzătoare a reactanților, se pot stabili următoarele relații între diferitele posibilități de exprimare a variației în timp a concentrației participanților la reacție, care pot fi utilizate pentru caracterizarea vitezei de reacție, v:

$$v = \frac{1}{\nu_1} \cdot \frac{d[R_1]}{d\tau} = -\frac{1}{\nu_2} \cdot \frac{d[R_2]}{d\tau} = \ldots =$$
$$= \frac{1}{\nu'_1} \cdot \frac{d[P_1]}{d\tau} = \frac{1}{\nu'_2} \cdot \frac{d[P_2]}{d\tau} = \ldots,$$

unde parantezele drepte au semnificația concentrației substanțelor respective la un moment dat al reacției.

Viteza de reacție este determinată de concentrația reactanților și de temperatură, ca factori generali, precum și de prezența catalizatorilor, natura solventului, presiune etc. În cazul proceselor chimice desfășurate într-un singur sens, viteza de reacție se reduce la o dependență simplă de concentrație a reactanților, obținîndu-se o ecuație cinetică de tipul:

$$v = -\frac{1}{\nu_1} \cdot \frac{d[R_1]}{d\tau} = \Sigma f[R_i], [P_i],$$

care, în cazul proceselor chimice desfășurate într-un singur sens, se reduce la o dependență

Scanned with OKEN Scanner

simplă a vitezei de reacţie de concentraţia reactanţilor, obţinîndu-se o ecuaţie cinetică de tipul:

$$v = -\frac{1}{\nu_1} \cdot \frac{d[R_1]}{d\tau} = k_1[R_1]\,[R_2] \ldots$$

Exponenţii ecuaţiei cinetice reprezintă, prin definiţie, ordinele de reacţie parţiale în raport cu concentraţia la un moment dat a reactanţilor $[R_1]$, $[R_2]$, ... şi nu sînt în mod necesar identici cu coeficienţi stoechiometrici. Coeficientul stoechiometric ν_1 este, de obicei, inclus în constanta de proporţionalitate k_1, care se numeşte *constantă de viteză* şi are sensul fizic de viteză specifică, pentru concentraţii ale reactanţilor egale cu unitatea.

Suma ordinelor parţiale în raport cu concentraţia reactanţilor se numeşte *ordin global al reacţiei* sau, mai scurt, *ordinul reacţiei*. Ordinul reacţiei poate varia de la zero la 8—10, luînd valori întregi sau fracţionare şi se utilizează pentru clasificarea reacţiilor chimice. Se poate vorbi, astfel, de reacţii de ordinul zero, unu, doi etc. Numărul particulelor care participă (se ciocnesc) în actul elementar de interacţiune chimică constituie *molecularitatea reacţiei chimice*. Ţinîndu-se seama de probabiliatea ciocnirilor din punct de vedere al molecularităţii, sînt posibile numai reacţii mono-, bi- şi trimoleculare. Deci, pe cînd noţiunea de molecularitate a reacţiei are semnificaţie fizică bine definită, cea de ordin de reacţie este pur empirică.

Marea majoritate a proceselor chimice nu sînt reacţii unilaterale omogene, ci decurg după un mecanism mai complex. Astfel, se pot întîlni: reacţii de echilibru, paralele, consecutive, sau procese şi mai complexe, cum sînt: reacţii paralele cu etape succesive cu sau fără stadii intermediare de echilibru. Reacţiile succesive prezintă, în multe cazuri, caracter de reacţie în lanţ. În asemenea cazuri, ecuaţiile cinetice se scriu ţinînd seama de multiplele posibilităţi de suprapunere şi combinare a proceselor chimice simple, în cazul reacţiei chimice complexe obţinîndu-se forme mult mai complicate.

Dependenţa vitezei de reacţie de temperatură este dată de *legea lui Arrhenius*:

$$k = A \exp(-E_a/RT),$$

unde E_a este energia de activare, iar A = factorul preexponenţial cu dimensiunea vitezei de reacţie. Logaritmînd, se obţine:

$$\lg k = \lg A - \frac{E_a}{RT},$$

deci $\lg k$ este funcţie liniară de $1/T$, iar A se determină din ordonata la origine şi E_a, din panta dreptei.

Ecuaţia chimică stoechiometrică, în marea majoritate a cazurilor, nu reflectă şi calea de desfăşurare a procesului chimic prin faptul, că în timpul reacţiei se pot forma produşi secundari sau intermediari, mai mult sau mai puţin stabili. De aceea, c.c. studiază, totodată, şi mecanismul de desfăşurare a proceselor de transformare chimică. Luînd drept criteriu mecanismul de desfăşurare a proceselor chimice, reacţiile chimice se pot clasifica în: procese elementare — reacţii chimice simple, în cazul cărora ecuaţia chimică corespunde cu mecanismul de reacţie (în timpul reacţiei nu apar produşi intermediari sau secundari) şi reacţii complexe, la care produşii de reacţie se formează în diferite etape elementare consecutive (caracterizate prin produşi intermediari), sau paralele (caracterizate prin produşi de reacţie secundari). În principiu, reacţiile chimice sînt reversibile şi noţiunile de reactant şi produs de reacţie sînt relative. Din punct de vedere termodinamic, orice transformare chimică conduce la o stare de echilibru, caracterizată prin coexistenţa atît a reactanţilor, cît şi a produşilor de reacţie. În funcţie de condiţiile de reacţie, în unele cazuri echilibrul chimic este deplasat mult în favoarea produşilor de reacţie şi din punct de vedere cinetic, se poate vorbi de *reacţii unilaterale*. În cazul în care procesul atinge o stare de echilibru reală, în care reactanţii şi produşii de reacţie coexistă în concentraţii detectabile, este vorba de *reacţii bilaterale* sau *reversibile*. Conform relaţiei pentru determinarea vitezei de reacţie, se poate alege variaţia în timp a acelui component care se poate doza, prin metode chimice sau fizice, cu precizia cea mai mare, ceea ce are importanţă practică deosebită. C.c. stabilind timpul necesar unui proces chimic şi randamentul de transformare realizat în acest timp, face posibilă determinarea economicităţii procesului chimic considerat.

CINETICO-MOLECULARĂ (Teoria). Bazîndu-se pe teoria corpusculară a materiei (corpurile materiale sînt formate din atomi, molecule, ioni etc.), teoria cinetico-moleculară explică proprietăţile corpurilor prin însuşirile corpusculare constituente (dimensiune, formă, masă) şi prin starea lor de mişcare (viteză, energie, forţă de interacţiune).

Starea macroscopică a corpurilor şi sistemelor termodinamice se caracterizează prin aşa-numitele mărimi de stare: volum specific v, presiune p şi temperatură T, între care există relaţii cunoscute sub numele de *ecuaţii de stare*. Uneori, se consideră numai dependenţa dintre cele două mărimi de stare, cea de a treia fiind menţinută constantă. Aşa se întîmplă în cazul gazelor ideale, iar relaţiile de dependenţă rezultate reprezintă legile gazelor ideale: legea Boyle-Mariotte, Gay-Lussac şi Charles. Pentru gazele reale ecuaţia de stare tip se numeşte ecuaţia Van der Waals.

Scanned with OKEN Scanner

Sarcina fundamentală a teoriei corpusculare a stărilor de agregare este găsirea semnificației moleculare a mărimilor de stare și deducerea legilor și ecuațiilor de stare, în funcție de proprietățile și de starea de mișcare a moleculelor. Particulele constituente fiind presupuse în continuă mișcare, teoria corpusculară a stărilor de agregare se mai numește și *teoria cinetică a stărilor de agregare* sau *teoria cinetică a materiei*.

Proprietățile sistemelor nu sînt, de obicei, o simplă însumare a caracteristicilor particulelor constituente și, ca urmare, legătura dintre proprietățile sistemului și a particulelor nu mai este evidentă. Mai mult, noțiunile de temperatură, presiune, viscozitate, conductivitate termică nu au sens pentru o singură particulă. Rezultă deci că, deși comportarea fiecărei particule în parte poate fi descrisă cu ajutorul mecanicii, mișcarea sistemului este calitativ diferită de simpla mișcare mecanică.

T.c.m. a stărilor de agregare s-a dezvoltat apelînd la două metode: metoda statistică și metoda cinetică.

Metoda statistică urmărește comportarea unui număr mare de corpuscule, conducînd la teoreme și concluzii de probabilitate cu valabilitate de legi exacte. Se aplică în special la stările de echilibru și numai în ultimul timp la stări de neechilibru.

Metoda cinetică atribuie fiecărei molecule mărimi caracteristice de stare (coordonate de poziție, impuls) și urmărește modificarea acestora în timp, sub influența forțelor interne (intermoleculare) sau externe (electrice, magnetice). Coordonatele de poziție și proiecțiile impulsurilor la un moment dat fiind cunoscute, ecuațiile de mișcare ale corpusculelor pot fi rezolvate cu ajutorul mecanicii clasice și se poate determina starea de mișcare a acestora pentru oricare alt moment ulterior.

Teoria cinetică a materiei tratează, deci, gazele perfecte, reale, amestecurile de gaze, lichidele, soluțiile și corpurile solide, utilizînd atît metoda cinetică, cît și cea statistică.

a) T.c.m. a gazelor perfecte

Premisele **t.c.m.** a gazelor perfecte sînt: volumul real ocupat de molecule este neglijabil în comparație cu volumul total al gazului; distanța mijlocie dintre molecule fiind mare, forțele intermoleculare sînt neglijabile; forțele intermoleculare fiind practic nule, conform principiului inerției, mișcarea moleculelor între două ciocniri consecutive este rectilinie și uniformă, iar energia gazului se reduce la energia cinetică a moleculelor sale; în mișcarea lor moleculele se ciocnesc, comportîndu-se ca sfere elastice (premisa este riguros valabilă numai pentru molecule monoatomice, care au simetrie sferică); toate direcțiile de mișcare ale moleculelor sînt egal de probabile și mișcarea este dezordonată, haotică.

Ca rezultat al ultimei premise, numărul de molecule $dN_{i,\theta}$ cu viteza w_i, care fac cu o direcție dată un unghi cuprins între θ și $\theta+d\theta$ este:

$$dN_{i,\theta} = \frac{N_i}{2} \sin\theta \cdot d\theta.$$

Semnificația cinetico-moleculară a mărimilor de stare este *presiunea* care, prin definiție, reprezintă raportul între forța aplicată normal și suprafață. Forța F cu care o moleculă acționează pe suprafața de separație, conform legii a doua a mecanicii, este dată de variația impulsului cu timpul: $F = \frac{d(mv)}{d\tau}$, unde m este masa, iar w — viteza. Rezultă, deci, că presiunea reprezintă variația impulsului molecular în unitatea de timp pe unitatea de suprafață sau impulsul transportat de molecule în unitatea de timp pe unitatea de suprafață a peretelui recipientului. Pentru a stabili semnificația cinetică a presiunii se consideră un mol-gram de gaz, format din N molecule monoatomice care se comportă ca sfere elastice (extinderea la molecule poliatomice se poate face numai pentru mișcarea de translație). Dintre acestea, N_1 molecule au viteze cuprinse între w_1 și w_1+dw_1, N_2 molecule au vitezele cuprinse între w_2 și $w_2+dw_2 \ldots$, N_i au vitezele cuprinse între w_i și w_i+dw_i, iar volumul specific al gazului ideal este v.

Calculul presiunii implică mai multe etape:

— În prima etapă, se calculează impulsul transportat la perete de o singură moleculă. Se consideră, că molecula care ciocnește elastic peretele face parte din grupul N_i, deci are viteza w_i, iar unghiul pe care îl face direcția de mișcare a moleculei cu normala la peretele recipientului este θ. Din fig. C.123 se vede că, în urma ciocnirii elastice cu peretele, componenta vitezei normală la suprafață își modifică

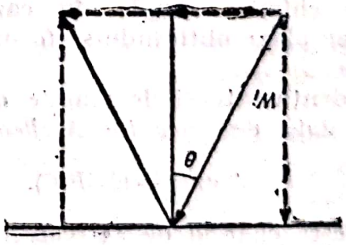


Fig. C.123. Cinetica ciocnirii elastice a unei molecule cu un perete.

sensul, pe cînd cea paralelă cu suprafața și-l păstrează. Deci, pentru a calcula variația impulsului se ia în considerație numai variația componentei normale. Valorile sale, înainte și după ciocnire, sînt: $mw_i \cos\theta$ și $-mw_i \cos\theta$, iar

impulsul transportat de molecula considerată este:

$$mw_i \cos\theta - (-mw_i \cos\theta) = 2mw_i \cos\theta.$$

— În a doua etapă, se calculează variația impulsului dP_i în unitatea de timp pe unitatea de suprafață a peretelui de grupul de molecule $dN_{i,\theta}$ cu viteza w_i și care fac cu normala la perete un unghi cuprins între θ și $\theta+d\theta$. Moleculele din acest grup care ajung pe unitatea de suprafață a peretelui, în unitatea de timp, se găsesc în cilindrul oblic cu generatoarea egală cu w_i și baza de 1 cm² (fig. C.124) a cărui volum este $w_i \cos\theta$. Numărul de molecule conținute în acest cilindru este:

$$\frac{dN_{i,\theta}}{V} w_i \cos\theta,$$

iar variația impulsului va fi:

$$dP_{i,\theta} = \frac{2dN_{i,\theta}}{V} mw_i^2 \cos^2\theta,$$

care, ținînd seama de relația generală, se mai poate scrie sub forma:

$$dP_{i,\theta} = \frac{N_i}{V} mw_i^2 \sin\theta \cos^2\theta \, d\theta.$$

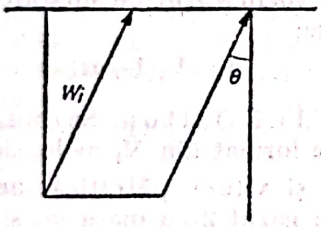


Fig. C.124. Calculul impulsului unui grup de molecule.

Integrînd ecuația pentru valori ale unghiului θ cuprinse între 0 și $\frac{\pi}{2}$, se obține impulsul P_i, transportat în unitatea de timp pe unitatea de suprafață de cele N_i molecule cu viteze w_i:

$$P_i = \frac{N_i \cdot m \cdot w_i^2}{3V}.$$

Variația totală a impulsului celor N molecule dintr-un mol-gram de gaz în unitatea de timp pe unitatea de suprafață a peretelui, adică presiunea p a gazului, se obține, însumînd toate valorile P_i:

$$p = \frac{m}{3V}(N_1 w_1^2 + N_2 w_2^2 + \ldots + N_i w_i^2) = \frac{m}{3V} \Sigma N_i w_i^2.$$

Definind viteza pătratică medie $\overline{w^2}$:

$$\overline{w^2} = \frac{\Sigma N_i w_i^2}{N},$$

se scrie relația:

$$p = \frac{2}{3} \cdot \frac{N}{V} \cdot \frac{m\overline{w^2}}{2},$$

cunoscută sub numele de *formula lui Clausius* Dar, prin definiție, densitatea ρ a gazului este $\frac{Nm}{V}$ și, ca urmare, ecuația presiunii devine:

$$p = \frac{\rho}{3} \cdot \overline{w^2}.$$

Relația arată că presiunea gazului reprezintă 2/3 din energia cinetică a moleculelor sale din unitatea de volum, sau că este proporțională cu densitatea și viteza pătratică medie.

Semnificația cinetico-moleculară a *temperaturii* se poate obține din ecuația de mai sus care, ținînd seama de ecuația de stare a gazelor perfecte, se mai poate scrie sub forma:

$$pV = \frac{2}{3} \cdot N \cdot \frac{\overline{w^2}}{2} = RT,$$

de unde:

$$T = \frac{2}{3} \cdot \frac{N}{R_M} \frac{m\overline{w^2}}{2} = \frac{2}{3k} \cdot \frac{m\overline{w^2}}{2},$$

unde: R_M este constanta gazelor perfecte, egală cu 8,3128 J/mol·K; k — constanta gazelor perfecte pentru o singură moleculă, numită constanta lui Boltzmann egală cu $1{,}38 \cdot 10^{-23}$ J/K. Relația de mai sus arată, că temperatura este direct proporțională cu energia cinetică medie a moleculelor.

Între moleculele gazelor perfecte nu se exercită forțe intermoleculare și, deci, energia E a gazului se reduce la energia sa cinetică:

$$E = N \frac{m\overline{w^2}}{2} = \frac{3}{2} R_M T.$$

Datorită dezordinii, energia moleculară se repartizează în mod egal pe direcțiile libere de mișcare (gradele de libertate), fiecărui grad de libertate revenindu-i cantitatea de $\frac{R_M T}{2}$, conform principiului echipartiției energiei.

Rezultă pentru viteza pătratică medie relația:

$$\overline{w^2} = \frac{3R_M T}{Nm} = \frac{3R_M T}{M} = \frac{3kT}{m},$$

Scanned with OKEN Scanner

unde M este masa molară. Rădăcina pătrată a vitezei pătratice medii $(\overline{w^2})^{1/2}$ are dimensiune de viteză și se calculează cu relațiile:

$$(\overline{w^2})^{1/2}=\left(\frac{3R_MT}{M}\right)^{1/2}=\left(\frac{3kT}{m}\right)^{1/2}.$$

Aceasta, pentru diferite gaze, este apropiată de viteza medie definită prin relația;

$$w=\frac{\Sigma N_i w_i}{N}.$$

Numărul ν de molecule, care ciocnesc unitatea de suprafață a peretelui în unitatea de timp, se calculează ca și presiunea, în mai multe etape.

Mai întîi, se calculează numărul de ciocniri $d\nu_{i,\theta}$, efectuate în unitatea de timp pe unitatea de suprafață de moleculele cu viteza w_i, care fac cu normala la perete un unghi cuprins între θ și $\theta+d\theta$ și care este:

$$d\nu_{i,\theta}=\frac{dN_{i,\theta}}{V}\cdot w_i\cos\theta=\frac{N_i}{2V}w_i\sin\theta\cdot\cos\theta\,d\theta.$$

Numărul de ciocniri efectuate în unitatea de timp pe unitatea de suprafață de moleculele N_i cu vitezele w_i pentru toate orientările posibile ν_i, se obține prin integrarea relației de mai sus pentru valori ale lui θ cuprinse între 0 și $\frac{\pi}{2}$:

$$\nu_i=\frac{N_i w_i}{4V}.$$

Prin însumarea valorilor ν_i pentru toate grupele N_i de molecule cu viteza w_i se obține numărul total ν de ciocniri efectuate de moleculele gazului în unitatea de timp pe unitatea de suprafață a peretelui:

$$\nu=\frac{\Sigma N_i w_i}{4V}=\frac{N\overline{w}}{4V},$$

care, ținînd seama de ecuația gazelor perfecte, se poate scrie:

$$\nu=\frac{Np\overline{w}}{4RT},$$

de unde rezultă:

$$p=\frac{4kT}{\overline{w}}\cdot\nu,$$

relație care stabilește legătura între numărul de ciocniri al moleculelor în unitatea de timp pe unitatea de suprafață și presiunea gazului.

Ca urmare, explicația cinetico-moleculară a legilor gazelor perfecte este formulată prin următoarele legi și relații:

Legea Boyle-Mariotte. La temperatură constantă, energia cinetică medie a unei molecule este constantă și, ca urmare, din ecuația generală a presiunii se obține:

$$pV=\text{const.}$$

Legea Gay-Lussac. Pentru un mol de gaz la temperatura $T=t+273{,}15$ K, relația generală a presiunii devine:

$$pV_M=\frac{2}{3}N\left(\frac{m\overline{w}^2}{2}\right)_T=R_MT,$$

iar pentru 0°C, se obține:

$$pV_{M_0}=\frac{2}{3}N\left(\frac{m\overline{w}^2}{2}\right)_{T_0}=RT_0.$$

Raportul relațiilor de mai sus conduce la:

$$\frac{V_M}{V_{M_0}}=\frac{V}{V_0}=\frac{(m\overline{w}^2)_T}{(m\overline{w}^2)_{T_0}}=\frac{T}{T_0}=\frac{273{,}15+t}{273{,}15}=1+\frac{t}{273{,}15}=1+\alpha t,$$

unde α este coeficientul de dilatare al gazelor și ca urmare:

$$V=V_0(1+\alpha t).$$

Legea lui Dalton. Se consideră amestecul de gaze format din N_1 molecule din gazul cu masa m_1 și viteza pătratică medie $\overline{w_1^2}$, N_2 molecule din gazul 2 cu masa m_2 și viteza pătratică medie $\overline{w_2^2}$... N_i molecule din gazul i cu masa m_i și cu viteza pătratică medie $\overline{w_i^2}$, care ocupă volumul V. Aplicînd relația generală a presiunii, pentru presiunea p a amestecului se obține:

$$p=\frac{2}{3}\cdot\frac{N_1}{V}\cdot\frac{m_1\overline{w_1^2}}{2}+\ldots+\frac{2}{3}\cdot\frac{N_i}{V}\cdot\frac{m_i\cdot\overline{w_i^2}}{2}=p_1+\ldots+p_i,$$

unde $p_1\ldots p_i$ sînt presiunile parțiale ale gazelor din amestec;

Legea lui Avogadro. Aplicînd relația generală a presiunii pentru două volume egale de gaze cu masele moleculelor m_1 și m_2 și vitezele pătratice medii $\overline{w_1^2}$ și $\overline{w_2^2}$, aflate la aceeași presiune, se obține:

$$pV=\frac{2}{3}\cdot N_1\cdot\frac{m_1\overline{w_1^2}}{2}\quad\text{și}\quad pV=\frac{2}{3}\cdot N_2\cdot\frac{m_2\overline{w_2^2}}{2},$$

Scanned with OKEN Scanner

unde N_1 și N_2 sînt numerele de molecule din cele două gaze conținute în același volum. De aici rezultă:

$$N_1 \frac{m_1 \cdot \overline{w_1^2}}{2} = N_2 \frac{m_2 \cdot \overline{w_2^2}}{2}.$$

Gazele fiind la aceeași temperatură, energiile cinetice medii sînt egale și se obține $N_1 = N_2$, adică volume egale de gaze, la aceeași temperatură și presiune, conțin număr egal de molecule.

Pentru determinarea distribuției vitezelor moleculelor unui gaz se consideră o moleculă-gram de gaz care conține $N = 6{,}023 \cdot 10^{23}$ molecule (*numărul lui Avogadro*).

Probabilitatea dN_w/N ca o moleculă să aibă viteza cuprinsă în intervalul w și $w+dw$ este proporțional cu intervalul de viteză dw, factorul de proporționalitate fiind o funcție de viteză $f(w)$:

$$\frac{dNw}{N} = f(w)dw.$$

Funcția $f(w)$ se numește funcție de distribuție sau repartiția vitezelor. Deci, problema distribuției vitezelor se reduce la determinarea formei acestei funcții. Maxwell a rezolvat această problemă pentru o stare de echilibru a gazului denumită **distribuția Maxwell** (presiune și temperatură constantă în toată masa gazului). Notînd cu u, v și t proiecțiile vitezei w pe cele trei axe rectangulare OX, OY și OZ, se poate scrie:

$$w^2 = u^2 + v^2 + t^2.$$

Maxwell presupune că probabilitatea $\frac{dNw}{N}$ ca o moleculă să aibă componenta vitezei pe OX cuprinsă între u și $u+du$ depinde numai de valoarea componentei u, fiind independentă de valorile celorlalte componente, deci:

$$\frac{dN_u}{N} = f(u)du; \quad \frac{dN_v}{N} = f(v)dv; \quad \frac{dN_t}{N} = f(t)dt.$$

Atunci probabilitatea W ca o moleculă să aibă componentele vitezei după cele trei axe, cuprinse concomitent între u și $u+du$, v și $v+dv$, t și $t+dt$, este dată de produsul probabilităților evenimentelor independente.

$$W = \frac{dN_{u,v,t}}{N} = f(u)du \cdot f(v)dv \cdot f(t)dt.$$

Viteza w fiind constantă, diferențierea relației conduce la:

$$udu + vdv + tdt = 0.$$

Unei viteze determinate w îi corespunde, de asemenea, o valoare constantă a probabilității W, deci:

$$dW = 0.$$

Din această condiție și din definirea probabilității W rezultă:

$$f'(u)f(v)f(t)du + f(u)f'(v)f(t)dv + f(u)f(v)f'(t)dt = 0.$$

Împărțind această relație cu $f(u)f(v)f(t)$, se obține:

$$\frac{f'(u)}{f(u)}du + \frac{f'(v)}{f(v)}dv + \frac{f'(t)}{f(t)}dt = 0.$$

Forma explicită a funcțiilor $f(u)$, $f(v)$, $f(t)$ se găsește înmulțind relația cu un multiplicator λ și adunînd cu ultima ecuație:

$$\left(\frac{f'(u)}{f(u)} + \lambda u\right)du + \left(\frac{f'(v)}{f(v)} + \lambda v\right)dv + \left(\frac{f'(t)}{f(t)} + \lambda t\right)dt = 0.$$

Deoarece du, dv și dt sînt cantități elementare diferite de zero, rezultă că parantezele sînt nule, deci:

$$\frac{f'(u)}{f(u)} = -\lambda u; \quad \frac{f'(v)}{f(v)} = -\lambda v; \quad \frac{f'(t)}{f(t)} = -\lambda t.$$

Înmulțind ecuația cu du, dv și respectiv dt și integrînd se obține:

$$f(u) = A \exp\left(-\frac{\lambda}{2}u^2\right); \quad f(v) = A \exp\left(-\frac{\lambda}{2}v^2\right);$$

$$f(t) = A \exp\left(-\frac{\lambda}{2}t^2\right),$$

unde $\frac{\lambda}{2}$ trebuie să aibă dimensiunea inversului pătratului vitezei. Notînd această mărime cu α^2 relația devine:

$$f(u) = A \exp\left(-\frac{u^2}{\alpha^2}\right); \quad f(v) = A \exp\left(-\frac{v^2}{\alpha^2}\right);$$

$$f(t) = A \exp\left(-\frac{t^2}{\alpha^2}\right).$$

Constanta A se obține din condițiile la limită: integrala funcției dN_u/N, pentru u variind de la $-\infty$ la $+\infty$, este egală cu unitatea, deoarece probabilitatea ca o moleculă să aibă componenta vitezei după axa OX cuprinsă între $-\infty$ și $+\infty$ este egală cu certitudinea. Deci:

$$A\int_{-\infty}^{+\infty} \exp\left(-\frac{u^2}{\alpha^2}\right)du = 1.$$

Scanned with OKEN Scanner

Făcînd schimbarea de variabilă $\frac{u}{\alpha}=x$, se obține:

$$A\alpha\int_{-\infty}^{+\infty}\exp(-x^2)dx=1,$$

unde: $\int_{-\infty}^{+\infty}\exp(-x^2)dx=\sqrt{\pi}$ este *integrala lui Poisson*, iar $A=\frac{1}{\alpha\sqrt{\pi}}$.

Atunci probabilitatea W se poate scrie:

$$\frac{dN_{u,v,t}}{N}=\frac{1}{\pi^{3/2}\cdot\alpha^3}\cdot\exp\left(-\frac{u^2+v^2+t^2}{\alpha^2}\right)du\,dv\,dt.$$

Funcția $f(w)$ se află mai ușor, scriind ecuația de mai sus în coordonate sferice, care devine:

$$\frac{dN_{x,\theta,\varphi}}{N}=\frac{1}{\pi^{2/3}\cdot\alpha^3}\cdot w^2\cdot\exp\left(-\frac{w^2}{\alpha^2}\right)\sin\theta\cdot dw\cdot d\theta\cdot d\varphi,$$

θ fiind unghiul făcut de vectorul viteză w cu axa OZ, iar φ unghiul pe care proiecția vectorului w pe planul XOY îl face cu axa OX. Integrînd pentru θ cuprins între 0 și π și pentru φ cuprins între 0 și 2π, se obține probabilitatea $\frac{dN_w}{N}$ (care este legea de distribuție a vitezelor după Mawxell):

$$dN_w=\frac{4N}{\alpha^3\pi^{1/2}}\cdot w^2\cdot\exp\left(-\frac{w^2}{\alpha^2}\right)dw.$$

Sub această formă, relația exprimă numărul de molecule de gaz cu viteze între w și $w+dw$. Reprezentînd grafic $\frac{1}{\frac{dw}{w}}\cdot\frac{dN_w}{N}$ în funcție de $\frac{w}{\alpha}$, se obține curba din fig. C.125, care începe din origine, trece printr-un maximum și devine zero la infinit. Valoarea raportului w/α corespunzător maximumului se află, punînd condiția de anulare a derivatei.

Anularea derivatei se face pentru $w/\alpha=1$, adică pentru $w=\alpha$, deci cele mai multe molecule au vitezele în jurul valorii α și de aceea se numește viteza cea mai probabilă. Forma curbei arată că puține molecule au viteze foarte mici și foarte mari.

Cu formula distribuției lui Maxwell se pot calcula *viteza medie* și *viteza pătratică medie*:

$$\overline{w}=\frac{\int w dN_w}{N};\quad \overline{w^2}=\frac{\int w^2 dN_w}{N},$$

obținîndu-se:

$$\overline{w}=\frac{2\alpha}{\pi^{1/2}}=1{,}128\alpha;\quad (\overline{w^2})^{1/2}=\sqrt{\frac{3}{2}}\,\alpha=1{,}225\alpha.$$

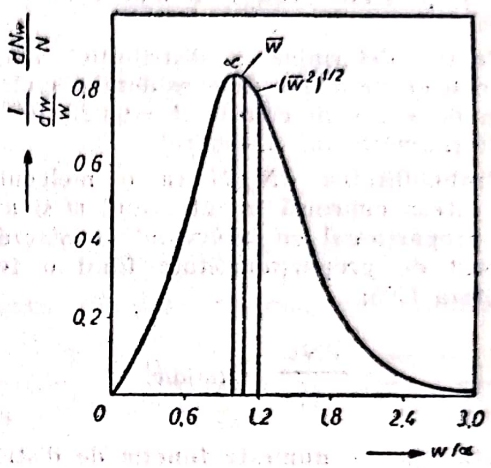


Fig. C.125. Distribuție moleculară în funcție de variația vitezei moleculelor.

Ținînd seama de relația de mai sus, ecuația rădăcinei pătrate a vitezei medii pătratice se mai pot scrie sub forma:

$$(\overline{w^2})^{1/2}=\left(\frac{3R_MT}{M}\right)^{1/2}=\left(\frac{3kT}{m}\right)^{1/2};$$

$$\overline{w}=\left(\frac{8R_MT}{\pi M}\right)^{1/2}=\left(\frac{8kT}{\pi m}\right)^{1/2};$$

$$\alpha=\left(\frac{2R_MT}{M}\right)^{1/2}=\left(\frac{2kT}{m}\right)^{1/2}.$$

Distribuția energiei moleculelor unui gaz perfect se determină, știind că energia unei molecule este constituită din energia de translație, rotație și vibrație a atomilor constituenți, la care se adaugă cea electronică și nucleară. De obicei, se consideră numai primele trei forme (care intervin mai frecvent în teoria cinetică a gazelor). Energia de translație ε_t a unei molecule de masă m este dată de relația:

$$\varepsilon_{tr}=\frac{m}{2}(u^2+v^2+t^2)=\frac{m\cdot w^2}{2}.$$

Introducînd componentele P_x, P_y și P_z ale impulsului P, se obține:

$$\varepsilon_{tr}=\frac{1}{2}(P_x^2+P_y^2+P_z^2)=\frac{P^2}{2}.$$

Scanned with OKEN Scanner

Energia de rotație ε_r a unei molecule, asimilînd-o cu un corp rigid, cu vitezele unghiulare în raport cu cele trei axe rectangulare, ω_x, ω_y și ω_z și momentele de inerție corespunzătoare I_x, I_y și I_z are valoarea:

$$\varepsilon_r = \frac{1}{2}(I_x\omega_x^2 + I_y\omega_y^2 + I_z\omega_z^2).$$

Pentru o moleculă biatomică, energia de vibrație ε_v este dată de relația oscilatorului armonic echivalent:

$$\varepsilon_v = \frac{p^2}{2\mu} + \frac{f}{2}q^2,$$

unde: μ este masa redusă a moleculei; q — elongația; f — constanta elastică. Pentru o moleculă formată din n atomi, ε_v se obține prin însumarea relației pentru toate modurile de vibrație. Relațiile de mai sus arată că distribuția energiei de translație se poate deduce, plecînd de la legea distribuției vitezelor, printr-o simplă schimbare de variabilă. Pentru molecule care posedă numai două grade de libertate (închise într-un recipient), relația distribuției Maxwell devine:

$$\frac{dN_{w,\theta}}{N} = \frac{1}{\pi\alpha^2} \cdot \exp\left(-\frac{w^2}{\alpha^2}\right) w \cdot dw \cdot d\theta.$$

Trecînd de la variabila w la variabila ε prin intermediul relației $\mathcal{E} = \frac{m \cdot w^2}{2}$, se obține numărul $dN_{\mathcal{E}}$ de molecule cu energia cuprinsă între $\mathcal{E}$ și $\mathcal{E}+d\mathcal{E}$, care reprezintă legea de distribuție a energiei pentru cazul dat sub forma:

$$dN_{\mathcal{E}} = \frac{N}{kT} \exp\left(-\frac{\mathcal{E}}{kT}\right) d\mathcal{E}.$$

Cu această relație se poate evalua numărul de molecule dN_E cu energia molară cuprinsă între E și $E+dE$, și anume:

$$dN_E = \frac{N}{R_M T} \exp\left(-\frac{E}{R_M T}\right) dE,$$

cu care prin integrare între E și ∞ se poate determina numărul N_E de molecule cu energie molară superioară unei valori date E:

$$N_E = N \exp\left(-\frac{E}{R_M T}\right).$$

Acest rezultat este important pentru teoria vitezelor de reacție.

Pentru determinarea *drumului liber mijlociu molecular* se consideră că, în condiții normale, o moleculă suferă cca 10 ciocniri/sec și, ca urmare, drumul parcurs este o linie frîntă. Drumul mediu parcurs de o moleculă între două ciocniri succesive se numește drum liber mijlociu. Pentru o moleculă de N_2 sau O_2, valoarea acestui drum în condiții normale este de ordinul 10^{-5} cm. La scăderea presiunii, aceasta crește, de exemplu, pentru vaporii de mercur la 0,1 mm Hg fiind de cca 0,1 mm. Datorită acestor mișcări moleculare, atunci cînd două gaze se găsesc în contact, ele se întrepătrund, adică difuzează unul în celălalt. Drumul liber mijlociu al gazelor perfecte fiind mic și difuzia este înceată. Energia cinetică a moleculelor dintr-un mol de gaz ideal fiind identică pentru toate gazele, viteza medie a moleculelor este cu atît mai mare, cu cît masa molară este mai mică; deci, hidrogenul va avea cea mai mare viteză de difuzie.

b) **T.c.m. a gazelor reale**

Se comportă ca gaze perfecte numai gazele aflate la presiuni mici și temperaturi ridicate. La presiunile utilizate de obicei în tehnică, acestea se abat de la legile gazelor perfecte, căpătînd o comportare diferită, din acest motiv se numesc gaze reale.

Ca și gazele perfecte, ecuația de stare a unui gaz real reprezintă o relație matematică între mărimile de stare. La limită, pentru presiuni foarte mici, abaterile dispar și ecuațiile de stare ale gazelor reale trebuie să ia forma ecuației gazelor perfecte. De aceea, s-a încercat să se obțină ecuații pentru gazele reale prin modificări aduse ecuației gazelor perfecte. Asemenea încercări au fost făcute pe două căi: din considerații teoretice sau empiric, încercînd ca din datele experimentale să se stabilească ecuații care să redea comportarea gazului. Cea mai cunoscută ecuație de stare pentru gazele reale este *ecuația lui Van der Waals*, obținută utilizînd prima cale. Abaterile de la comportarea gazelor perfecte se consideră că au două cauze: volumul real ocupat de molecule nu mai poate fi neglijat, constituind o parte importantă din volumul total al gazului; între molecule se exercită forțe intermoleculare considerabile, care fac ca presiunea reală să fie mai mică decît presiunea dintr-un gaz perfect (numărul de ciocniri pe unitatea de suprafață este mai mic).

Pentru a scrie ecuația gazelor reale sub forma $pv = RT$ trebuie ca volumul să fie corectat prin scăderea volumului ocupat de molecule, iar presiunea, prin adăugarea unei cantități corespunzătoare forțelor de interacțiune între molecule. Corecția de presiune este proporțională cu pătratul numărului de molecule, deci cu pătratul densității gazului, adică invers proporțională cu volumul său și are valoarea a/v^2, unde a este o constantă caracteristică gazului. Mărimea a/v^2 se mai numește presiune internă. Corecția de volum se calculează, plecînd de la faptul că moleculele se pot apropia pînă la o distanță egală cu diametrul molecu-

Scanned with OKEN Scanner

lar=2r. Deci, fiecare moleculă va avea în jurul său o sferă de protecţie cu raza $2 \cdot r$, în care pot pătrunde celelalte molecule şi al cărei volum este: $\frac{4}{3}\pi(2r)^3 = \frac{4}{3} 8\pi r^3$. În acest volum se consideră de două ori volumul corespunzător unei singure molecule, deci valoarea care trebuie considerată este $\frac{4}{3} 4\pi r^3 = 4v_m$, unde v_m este volumul unei molecule. Pentru un mol de gaz volumul propriu este: $4N \frac{\pi}{3} \pi r^3 = 4V_r = b$. Corecţia de volum b, numită covolum, reprezintă de patru ori volumul real V_r al moleculelor dintr-un gaz şi este o mărime caracteristică gazului. Deci ecuaţia Van der Waals, pentru un mol de gaz real devine:

$$\left(p + \frac{a}{v^2}\right)(v - b) = RT,$$

iar pentru n moli:

$$\left(p + \frac{n^2 a}{v^2}\right)(v - nb) = nRT.$$

Ecuaţia Van der Waals, cu toate că este foarte simplă, descrie calitativ comportarea gazelor reale. Comportarea cantitativă se obţine numai pentru domenii mici de compresibilitate, cînd mărimile a şi b pot fi considerate constante.

S-a propus un număr mare de ecuaţii de stare, dintre care unele descriu comportarea gazelor reale într-un interval larg de presiuni şi temperaturi, dar nici una nu oferă o soluţie definitivă. Dintre acestea, se aminteşte cea cu coeficienţi viriali de forma:

$$\frac{pv}{RT} = 1 + \frac{B}{v} + \frac{C}{v^2} + \frac{D}{v^3} + \dots$$

în care v este volumul, iar constantele B, C, D ... sînt coeficienţii viriali de ordinul doi, trei etc. Al doilea coeficient virial este corelat teoretic cu existenţa unor perechi de molecule, al treilea cu grupe de trei molecule etc. La densităţi mici, este necesar numai al doilea coeficient virial, iar pentru densităţi mari, al treilea şi uneori, chiar al patrulea.

c) **T. c. m. a stării solide**

Substanţele solide, după starea de ordonare, se împart în două categorii: amorfe şi cristaline.

Solidele amorfe se caracterizează prin ordine locală sau ordine de mică distanţă (de cîteva diametre moleculare în jurul corpusculului considerat); proprietăţile fizice sînt izotrope, iar fluidizarea (topirea) nu se face la o temperatură fixă, ci pe un anumit interval.

Solidele cristaline posedă ordine tridimensională, proprietăţile fizice sînt anizotrope, iar topirea se face la temperatură constantă. Studiile de difracţie a razelor X, electronilor şi neutronilor au condus la clasificarea cristalelor în patru tipuri.

Reţele moleculare sau *reţele Van der Waals* au în noduri molecule. Formează astfel de reţele gazele rare, moleculele biatomice ca H_2, O_2, HCl sau unele molecule organice. Legătura dintre corpusculele nodale se face prin forţe Van der Waals şi, de aceea, au temperaturi de topire scăzute.

Reţele ionice. În nodurile reţelei, alternează ioni de semn opus, iar interacţiunea este de tip electrostatic. Valorile mari ale energiei de legătură fac ca temperaturile de topire să fie ridicate.

Reţele covalente. În noduri se găsesc atomi legaţi covalent cu atomii din jur. Se caracterizează prin rezistenţă termică şi mecanică. Formează asemenea reţele carbonul, siliciul şi germaniul.

Reţele metalice. Sînt caracteristice metalelor şi combinaţiilor intermetalice. Electronii au un grad mare de localizare, formînd aşa-numitul gaz electronic. Asemenea cristale se caracterizează prin conductivitate electrică şi termică ridicată, luciu metalic, stabilitate mecanică şi termică.

La zero grade Kelvin corpusculele nodale ocupă poziţii caracterizate prin valori minime ale energiei potenţiale, formînd o reţea tridimensională periodică ideală, adică un cristal ideal sau perfect. La temperaturi deasupra acestei valori, absorbţia de energie termică produce deplasarea corpusculelor nodale faţă de poziţia de echilibru, producînd apariţia unor imperfecţiuni. În plus, impurităţile produc abateri de la periodicitate şi trebuie tratate, de asemenea, ca imperfecţiuni. Deci, în condiţii normale, cristalele conţin imperfecţiuni sau defecte şi asemenea cristale se numesc reale.

d) **T. c. m. a stării lichide**

Lichidele au unele proprietăţi comune cu gazele, iar altele comune cu solidele. Se poate afirma, deci, că proprietăţile lichidelor sînt intermediare între cele ale gazelor şi solidelor.

Ca şi gazele, lichidele sînt fluide şi nu rigide, ceea ce conduce la existenţa fenomenului de curgere, şi respectiv, la faptul că nu au formă proprie. Energia de coeziune este comparabilă însă cu a solidelor, ceea ce conduce la existenţa unui volum propriu şi a unei suprafeţe libere. De asemenea, compresibilitatea lor este de acelaşi ordin de mărime cu cea a corpurilor solide, făcînd ca şi densitatea să fie comparabilă. Avînd atît proprietăţi de gaz, cît şi de solid, lichidele se pot studia pe două direcţii diferite:

Scanned with OKEN Scanner

extinzînd teoria gazelor comprimate, sau lărgind teoria stării solide.

CIRCUIT DE RĂCIRE. Totalitatea elementelor (echipamente și aparate) care participă la evacuarea forțată a unei părți din căldura dezvoltată în timpul funcționării unei mașini sau instalații termice. **C. de r.** pot fi a) după natura fluidului de răcire — cu lichid sau cu aer; b) după modul de deplasare a fluidului de răcire, — cu răcire naturală sau cu răcire forțată.

C. de r. cu lichid. Transferul de căldură de la suprafețele calde la mediul ambiant se realizează prin intermediul unui lichid (în general apa). În **c. de r.** are loc transportul căldurii la un schimbător de căldură, numit răcitor sau radiator și difuzarea căldurii de la el către mediul ambiant. Circuitul de apă cuprinde totalitatea elementelor care participă la transportul căldurii de la suprafețele calde la radiator (cămășile de apă, conductele, radiatorul, pompa de apă, organele de reglaj etc.).

C. de r. cu lichid este de două feluri: normal și sub presiune. Circuitul este normal, dacă presiunea în circuitul de apă este egală cu presiunea mediului ambiant și sub presiune, dacă presiunea în circuitul de apă este mai mare decît presiunea mediului ambiant.

C. de r. n o r m a l are avantajul simplității, în schimb au loc pierderi de lichid prin vaporizare; de aceea, drept lichid de răcire se utilizează apa, care poate fi înlocuită frecvent. De aici, rezultă două neajunsuri: în primul rînd, temperatura apei în circuit nu poate depăși 85—90°C (pentru a preveni fierberea), deși în cazul unor mașini termice (ex.: motorul cu ardere internă) temperatura optimă este ceva mai ridicată și, în al doilea rînd, pe timp de iarnă apa poate îngheța, producînd prin dilatare fisurarea pereților carcasei mașinii termice respective. Exploatarea pe timp de iarnă a unei astfel de mașini devine nesigură, fiind necesară evacuarea apei din circuit la o staționare mai îndelungată, sau adăugarea de lichid antigel.

C. de r. s u b p r e s i u n e (0,5—1,1 bar, peste presiunea mediului ambiant) permite mărirea temperaturii lichidului de răcire (100—115°C), deoarece crește temperatura de fierbere. Lichidul de răcire utilizat în circuit este un lichid special (ex.: antigel) care, pe de o parte, intensifică transferul de căldură, iar pe de altă parte, prin proprietățile pe care le posedă, nu prezintă pericol de îngheț. Aceste lichide de răcire se folosesc mai mult în cazul motoarelor cu ardere internă de tracțiune rutieră și feroviară.

C. de r. cu lichid se mai pot clasifica în: circuite închise, cînd fi dule de răcire este re circulat pe traseu, circuluideschise, cînd fluidul de răcire este evacuat ted pe traseul de răcire în mediul ambiant și circuite de vaporizare, cînd o parte din fluidul de răcire se evaporă în mediul ambiant.

În fig. C.126 se prezintă schema unui **c. de r.** î n c h i s pentru un motor cu ardere internă. Circuitul este format din radiatorul *1*, pompa de apă *2*, cămașa cilindrilor și conductele de legătură. În absența pompei, lichidul circulă de jos în sus prin blocul de cilindri și chiulasă, deoarece pe măsură ce se încălzește,

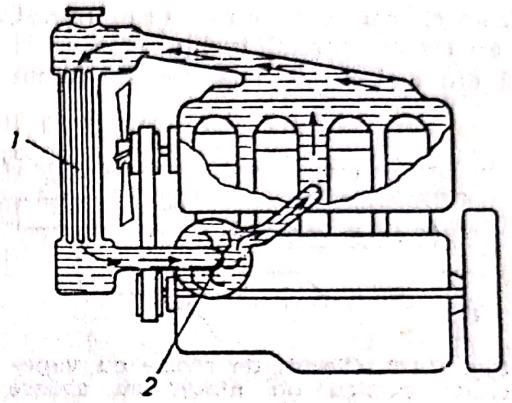


Fig. C.126. Circuit de răcire închis pentru un motor de tracțiune cu ardere internă:
1 — radiator; *2* — pompă de apă.

își micșorează greutatea specifică și se ridică la partea superioară a circuitului; în radiator, lichidul circulă de sus în jos, deoarece își mărește greutatea specifică pe măsură ce se răcește. Cînd circulația lichidului se efectuează forțat, sensul curentului se alege astfel, încît să nu se opună circulației libere a acestuia. Pompa de apă se plasează în partea inferioară a circuitului de lichid. Ea trebuie să realizeze o cădere de presiune suficientă, pentru învingerea rezistențelor hidraulice, la deplasarea forțată a lichidului.

C. de r. d e s c h i s (fig. C.127) este caracteristic motoarelor termice staționare. Apa pătrunde în motor cu o temperatură relativ

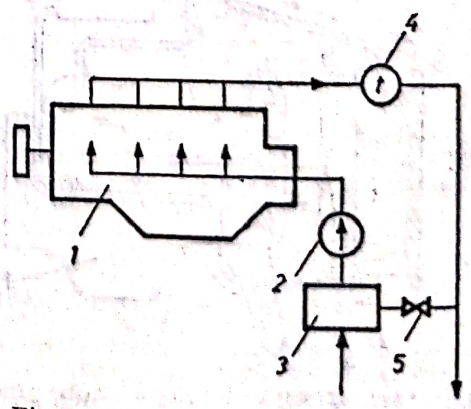


Fig. C.127. Circuit de răcire deschis pentru un motor staționar:
1 — motor; *2* — pompă de apă; *3* — rezervor de amestec; *4* — termometru; *5* — robinet.

Scanned with OKEN Scanner

mică și, după ce îl răcește, este evacuată în mediul ambiant. Între temperatura de intrare și cea de ieșire diferența este apreciabilă, consumul de apă este foarte mare, iar depunerea de săruri este ridicată. Temperatura apei calde se poate urmări la termometrul *4*. Reglarea temperaturii apei care intră în motor se poate face cu ajutorul unui robinet; reglarea se realizează prin amestecarea apei reci cu o parte din apa caldă. În unele cazuri, amestecul se realizează într-un bazin special *3*.

C. de r. cu vaporizare (fig. C.128) este un circuit parțial închis. Apa caldă evacuată din motor este transportată la un turn

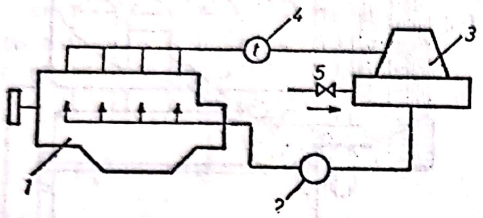


Fig. C.128. Circuit de răcire cu vaporizare pentru un motor cu ardere internă:
1 — motor; *2* — pompă de apă; *3* — turn de răcire; *4* — termometru; *5* — robinet.

de răcire, unde picăturile de apă care condensează, în contact cu aerul, se evaporă. Apa evaporată se înlocuiește cu apă proaspătă, iar la intervale de timp mai mari se prevede înlocuirea întregii cantități de apă din instalație.

În cazul **c. de r.** sub presiune, în afara circuitului principal al lichidului, se prevede un circuit secundar, numit circuit de drenaj și compensare. Acesta este alcătuit dintr-un rezervor de compensare *3* (fig. C.129), al cărui volum reprezintă 10—15% din volumul total al circuitului de lichid și din conductele de legătură *6*. Circuitul principal se constituie

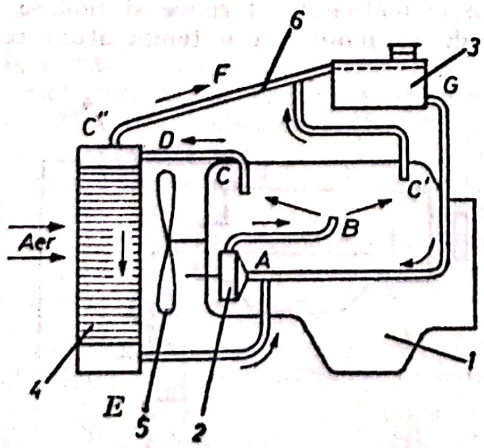


Fig. C.129. Circuit de răcire sub presiune:
1 — motor; *2* — pompă de apă; *3* — rezervor de compensare; *4* — radiator; *5* — ventilator; *6* — conducte de legătură.

după traseul *ABCDE*, iar circuitele de drenaj și compensare după traseele *C'F* (și *C''F*) și *GA*. Rezervorul de compensare *3* se așează deasupra motorului și îndeplinește următoarele funcțiuni: drenajul aburului din circuit (traseele *C'F* și *C''F*), de aceea el este incomplet umplut cu lichid (în spațiul liber se colectează aburul și aerul; pentru compensare (traseul *GA*) preia dilatările lichidului de răcire, prin spațiul liber din rezervor.

C. de r. cu aer. Căldura se transmite direct aerului din mediul ambiant. Răcirea cu aer (fig. C.130) este răspîndită, mai mult, la motoarele termice de puteri mici și la instala-

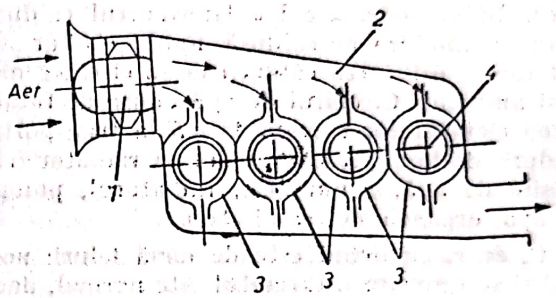


Fig. C.130. Schema răcirii cu aer pentru un motor cu ardere internă:
1 — suflantă; *2* — manta; *3* — deflectoare; *4* — cilindru nervurat.

țiile de turbine cu gaze pentru răcirea exterioară a paletelor mobile și a piciorului paletelor fixe. În cazul motoarelor termice, aerul necesar răcirii este furnizat de către o suflantă *1*, antrenată de motor, iar dirijarea acestuia către cilindri se asigură prin intermediul unei mantale *2*. Uniformizarea distribuției aerului între cilindri se realizează cu ajutorul deflectoarelor *3*. Mașinile termice răcite cu aer au carcasa nervurată, în vederea intensificării schimbului de căldură. În fig. C.131 este prezentat modul de răcire al paletelor unei turbine cu gaze, iar în fig. C.132, **c. de r.** combinat (răcire exterioară,

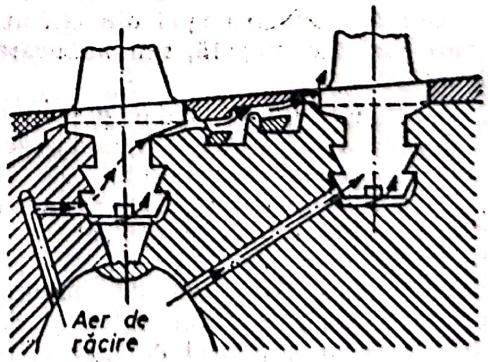


Fig. C.131. Răcirea cu aer a paletelor unei turbine cu gaze.

în lungul suprafeței exterioare a rotorului și răcire interioară, cu aer transportat prin canale axiale, practicate în arborele instalației și prin canale radiale, în zona piciorului paletelor) pentru o instalație de turbină cu gaze.

Scanned with OKEN Scanner

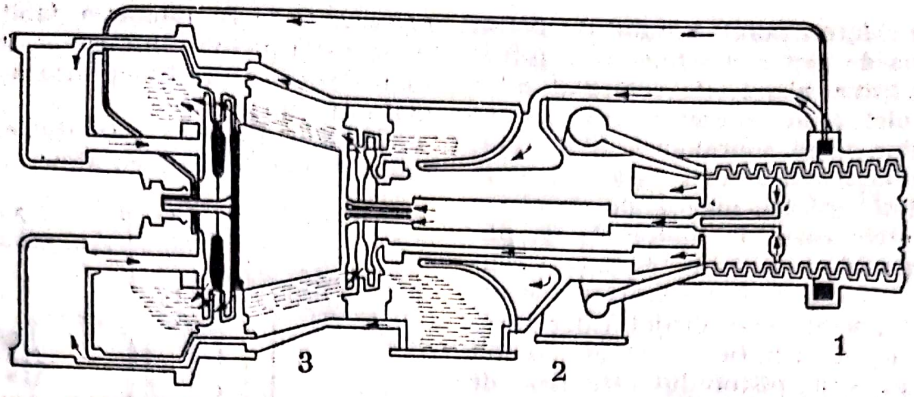


Fig. C.132. Circuit cu răcire combinat pentru o instalație de turbină cu gaze:
1 — compresor centrifugal; *2* — cameră de ardere; *3* — turbină.

CIRCUIT DE UNGERE. Totalitatea elementelor care asigură ungerea suprafețelor în frecare ale organelor mobile ale unei mașini termice.

C. de u. al unei mașini termice este alcătuit dintr-un circuit principal și unul sau mai multe circuite secundare. Circuitul principal cuprinde rezervorul de ulei, una sau mai multe pompe de ulei, conductele prin care uleiul este vehiculat spre punctele principale de ungere și supapele de siguranță. Circuitul secundar cuprinde filtrul de ulei în derivație și radiatorul de ulei.

C. de u. cuprinde, de asemenea, aparate de control pentru măsurarea presiunii, temperaturii și nivelului uleiului în rezervorul de ulei și dispozitive de siguranță pentru a preveni suprapresiunea, lipsa de ulei sau supraîncălzirea lui în circuit.

C. de u. se clasifică după procedeul de ungere și în raport cu rezervorul de ulei. Se disting, astfel, trei procedee de ungere: ungere prin ceață și stropire cu ulei, ungere sub presiune și ungere mixtă. Organele mobile puternic solicitate nu pot fi unse prin ceață de ulei, deoarece procedeul nu asigură debitul de ulei necesar; ungerea tuturor organelor mobile ale unei mașini termice sub presiune este mai complicată și mai scumpă. De aceea, majoritatea mașinilor termice folosesc procedeul de ungere mixtă. De exemplu, la un motor cu ardere internă, organele puternic solicitate (fusurile arborelui cotit și de distribuție, organele de comandă ale supapelor, de multe ori axul pistonului) se ung sub presiune: celelalte organe (cilindrii, pistoanele, segmenții, camele, tacheții, etc.) se ung prin ceață și stropire cu ulei.

În raport cu rezervorul de ulei, se disting două situații: la unele mașini termice (în special motoarele cu ardere internă), rezervorul de ulei este chiar carterul inferior al acestora — în acest caz, **c. de u.** este cu carter umed — iar la altele, uleiul se găsește într-un rezervor special — în acest caz, **c. de u.** este cu carter uscat (uleiul care se scurge în carter este îndepărtat din el prin intermediul unor pompe).

În fig. C.133 se prezintă **c. de u.** cu carter umed al unui motor cu ardere internă. Uleiul, aflat în rezervorul de ulei *1* (carter inferior),

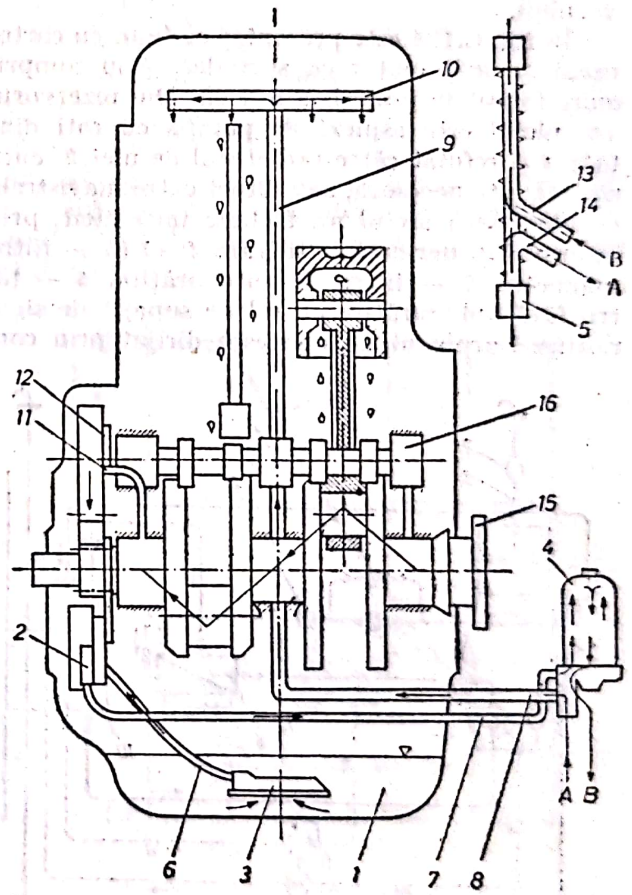


Fig. C.133. Circuit de ungere cu carter umed pentru un motor cu ardere internă:
1 — baie de ulei; *2* — pompă de ulei; *3* — sorb; *4* — filtru; *5* — radiator de ulei; *6* — conductă de aspirație a uleiului; *7* — conductă de refulare a uleiului spre filtru; *8* — conductă de refulare a uleiului de la filtru spre lagărele arborelui cotit și ale arborelui cu came; *9* — conductă de transport al uleiului de la arborele cu came la axul culbutorilor; *10* — axul culbutorilor; *11* — conductă de transport al uleiului pentru ungerea pinioanelor de distribuție; *12* — conductă de transport al uleiului la bucșa roții dințate de antrenare a pompei de injecție; *13* — conductă de la filtru la radiatorul de ulei; *14* — conductă de la radiator la filtru; *15* — arbore cotit; *16* — arbore cu came.

Scanned with OKEN Scanner

este aspirat prin intermediul sorbului de ulei *3*, de către pompa de ulei *2* și refulat spre filtrul de ulei *4*. Din filtru, uleiul este vehiculat către radiatorul de ulei *5*, în vederea răcirii, înainte de a fi introdus între suprafețele de frecare, și, de aici, la magistrala de ulei *8* (la motoarele de puteri mici și mijlocii, magistrala de ulei o constituie arborele cotit; la motoarele de puteri mari, magistrala este formată dintr-o conductă specială). După ce sînt unse fusurile arborelui cotit *15*, uleiul este dirijat către lagărele arborelui de distribuție *16* și ale axului culbutorilor *10*. Axul pistonului este uns, de asemenea, sub presiune prin intermediul orificiului de bielă. Oglinda cilindrului și tacheții se ung prin stropire și ceață de ulei. Uleiul se scurge, apoi, în carterul inferior; impuritățile metalice din ulei pot fi captate cu ajutorul unui magnet fixat pe bușonul de golire al rezervorului de ulei (carterul inferior sau baia de ulei).

În fig. C.134 este prezentat **c. de u.** cu carter uscat al unui motor cu aprindere prin comprimare folosit în propulsia navală. Din rezervorul *10*, uleiul este aspirat de pompa cu roți dințate *8* și refulat către radiatorul de ulei *9*, dacă răcirea este necesară, sau direct către magistrala de ulei, dacă uleiul nu trebuie încă răcit, prin intermediul barierei de filtrare *5—7* (*6* — filtru magnetic, *7* — filtru de autocurățire, *5* — filtru fără autocurățire cu rol de supapă de siguranță). Surplusul de ulei este dirijat prin conducta *4*, către rezervorul *10*. Scăpările de ulei de la suprafețele de frecare sînt colectate în carter și, de aici, prin intermediul pompei *8'*, returnate în rezervorul *10*. Grupul de pompe *11* servește la completarea debitului de ulei și la aspirația uleiului din carter, în cazul în care pompele *8* și *8'* nu funcționează la debitul normal sau sînt defecte.

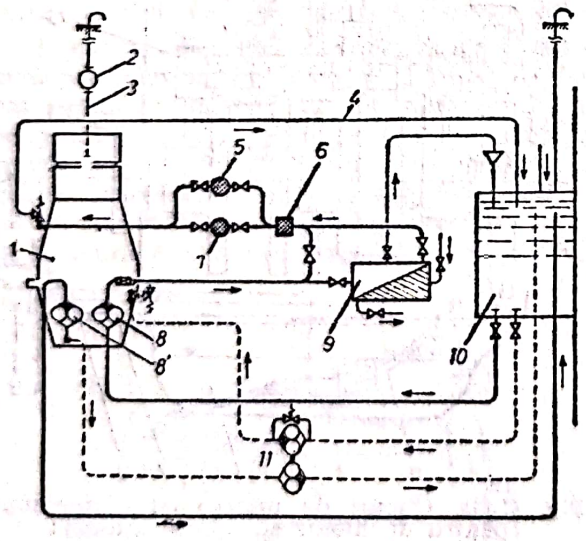


Fig. C.134. Circuit de curgere cu carter uscat pentru un motor diesel naval:
1 — motor; *2* — rezervor de ulei pentru ungere prin cădere liberă; *3, 4* — conducte; *5* — filtru fără autocurățire; *6* — filtru magnetic; *7* — filtru cu autocurățire; *8, 8'* — pompe de ulei; *9* — radiator; *10* — rezervor de ulei; *11* — grup de pompe de ulei.

În fig. C.135 este prezentat **c. de u.** sub presiune al unei turbine cu abur.

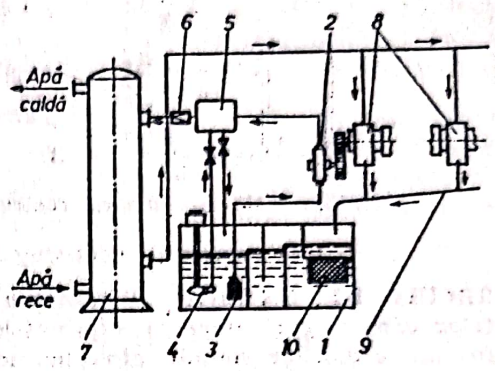


Fig. C.135. Circuit de curgere sub presiune pentru o turbină cu abur:
1 — rezervor de ulei; *2* — pompă principală; *3* — sorb; *4* — turbopompă auxiliară; *5* — sistem de reglare; *6* — reductor de presiune; *7* — răcitor de ulei; *8* — lagărele turbinei; *9* — conductă de colectare a uleiului; *10* — filtru de ulei.

CÎMP. Regiune din spațiu în care fiecărui punct i se atașează o anumită mărime, denumită mărimea cîmpului. Se mai definește ca totalitatea valorilor uneia sau mai multor mărimi variabile, între care se poate stabili o corespondență biunivocă. Există astfel:

C. de forță, porțiunea din spațiu în care în fiecare punct se aplică o forță (ex.: cîmp gravitațional);

C. de presiune, porțiunea din spațiu, ocupată de un fluid în mișcare sau în repaus, în care se pune în evidență repartizarea, respectiv variația presiunii;

C. de randamente, totalitatea curbelor de randament privind un anume proces sau funcționarea unei mașini, în care se poate evidenția un interval de valori optime pentru diferiți parametri (turație, debit, viteze etc.);

C. de temperaturi, porțiunea din spațiu ocupată de diferite puncte, în care se consideră distribuția și variația temperaturii în funcție de diferite condiții (ex.: timp);

C. de viteze, porțiunea din spațiu ocupată de un fluid, ținînd cont de repartizarea vectorilor vitezelor în diferite puncte ale fluidului.

Aceste **c.** au aplicații în transmisia căldurii, în termogazodinamică, în construcția de mașini etc. În cazul transmisiei de căldură, se admite că temperatura într-un corp este variabilă în spațiu și timp, iar expresia analitică a **c. de temperatură** este $t=f(\bar{v}, \tau)$, unde $\bar{v}$ este vectorul de poziție al punctului considerat; τ — timpul. Poziția punctului considerat este definită pentru coordonate carteziene de cotele x, y, z; pentru coordonate cilindrice, de

r, φ, z (în care r — raza; φ — unghiul; z — cota); pentru coordonate sferice, de r, φ, ψ, (în care φ — latitudinea; ψ — azimutul). Astfel, de exemplu, ecuația c. de temperatură devine:

$$t=f_1(x, y, z, \tau); \; t=f_2(v, \varphi, z, \tau); \; t=f_3(v, \varphi, \psi, \tau).$$

Aceste ecuații se aplică în sistemul tridimensional în care temperatura variază după cele trei direcții. La transferul de căldură bidirecțional și unidirecțional, se obțin, de exemplu, următoarele relații ale cîmpului de temperatură:

$$t=f_1(x, y, \tau); \quad t=f_2(v, \varphi, \tau); \quad t=f_3(v, \varphi, \tau)$$

$$t=f_1(x, \tau); \quad t=f_2(v, \tau); \quad t=f_3(v, \tau).$$

CLAPETĂ. Echipament care permite blocarea, total sau parțial, a curgerii unui fluid pe un traseu. Se întîlnesc în tehnică: **c.** de reținere, **c.** de reglare și **c.** de siguranță.

C. de reținere (de sens unic) este o armătură care permite circulația fluidului printr-o conductă numai într-un singur sens, împiedecînd circulația inversă, care poate apare în anumite situații. Constructiv, **c.** de reținere este alcătuită dintr-o carcasă turnată din fontă, în care este montată **c.** propriu-zisă, oscilînd într-o articulație plasată în secțiunea de trecere pe care, la apariția circulației inverse, o obturează complet (fig. C.136). Viteza de închidere (sensibilitatea clapetei) poate fi mărită prin montarea în exterior a unei contragreutăți, care determină însă și creșterea pierderii de presiune pe armătură de la cca. 200 mm H_2O la cca. 500 mm H_2O, corespunzător poziției deschis.

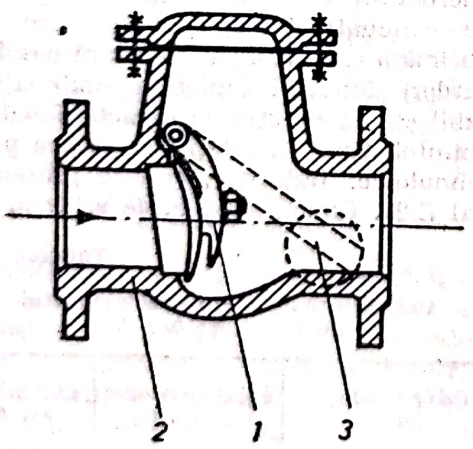


Fig. C.136. Clapetă de reținere:
1 — clapetă propriu-zisă; *2* — corpul clapetei; *3* — contragreutate.

C. de reglare este o armătură care obturează secțiunea de trecere a unei conducte, în scopul reglării debitului de fluid care o străbate. Constructiv, constă dintr-o placă, avînd forma secțiunii interioare a conductei, în interiorul căreia se montează și care poate bascula în jurul unei articulații plasate pe axa mediană sau în apropierea marginii plăcii (fig. C.137). Acționarea se face printr-un sistem de pîrghii sau roți dințate, montat în exteriorul conductei, manual sau automat. Reglarea debitului de fluid se obține prin modificarea rezistenței aero-

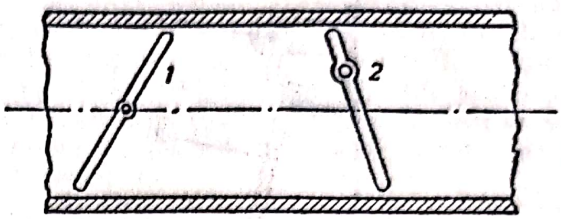


Fig. C.137. Clapetă de reglare:
1 — clapetă cu articulație pe axa mediană; *2* — clapetă cu articulație la capăt.

dinamice ξ a **c.** cu unghiul de înclinare, conform relației:

$$\xi=\left[\frac{k}{1-\frac{\sin\varphi}{\sin\varphi_0}}-1\right]^2,$$

unde φ_0 este unghiul de înclinare maxim, iar ξ — coeficientul de pierdere de presiune local (fig. C.138). Este utilizată, în special, pe conductele de aer și gaze.

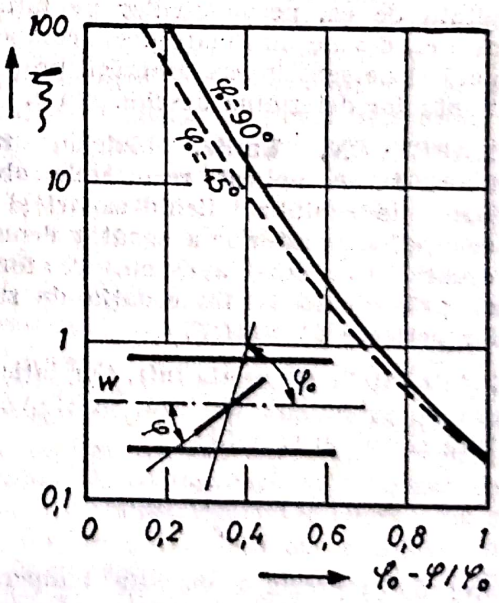


Fig. C.138. Variația coeficientului local de pierdere de presiune în funcție de unghiul de înclinare (φ) al clapetei de reglaj.

C. de siguranță este o armătură care protejează un spațiu închis împotriva creșterii accidentale a presiunii în interiorul său. Este constituită dintr-o placă rotundă sau dreptunghiulară din fontă sau oțel care poate oscila în jurul unei axe orizontale (fig. C.139). Este montată pe peretele exterior al incintei pe care o protejează, în poziție normală, fiind așezată oblic

Scanned with OKEN Scanner

pe marginea racordului acesteia. Etanşarea se realizează prin propria greutate a **c.** Se montează pe conductele de gaze de joasă presiune sau pe pereţii focarelor industriale (în acest caz fiind căptuşită cu material refractar şi

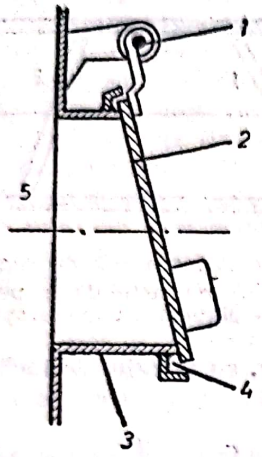


Fig. C.139. Clapetă de siguranţă:
1 — articulaţie; 2 — clapetă propriu-zisă; 3 — ramă; 4 — zonă de etanşare; 5 — spaţiu protejat.

numindu-se **c.** de explozie). Cînd presiunea interioară depăşeşte o anumită valoare, forţa exercitată de ea, perpendicular pe faţa interioară a **c.**, devine mai mare decît componenta coliniară şi de sens invers greutăţii proprii, iar rezultanta lor determină deschiderea **c.**

CLAPEYRON, Emile. Fizician francez (1799—1864). A aplicat rezultatele obţinute de Carnot la echilibrul lichid-vapori şi a dedus ecuaţia, care ulterior a căpătat denumirea de ecuaţie Clausius-Clapeyron. A formulat pentru prima oară (1843) ecuaţia de stare a gazelor perfecte $pV=mRT$.

CLAPEYRON (Formula lui). Corelaţie între căldura de schimbare de fază, presiune, temperatură şi volum specific:

$$dT=T\frac{v''-v'}{r}dp,$$

în care: dT reprezintă variaţia temperaturii; dp — variaţia presiunii; T — temperatura absolută înainte de variaţia presiunii; v'' — volumul specific al substanţei în stare finală; v' — volumul specific al substanţei în stare iniţială (ambele măsurate la temperatura T); r — căldura latentă de transformare.

Relaţia se aplică în cadrul topirii, vaporizării, transformărilor de stare cristalină etc. De exemplu, relaţia poate fi utilizată pentru a deduce mărimea $\frac{dp}{dT}$ în cazul vaporizării diferitelor substanţe.

CLAUSIUS, Rudolf. Fizician german (1822—1888). A definit, pentru prima oară, noţiunea de entropie (1865), sintetizînd primele două principii ale termodinamicii în celebrele formulări:

I. Energia universului este constantă;

II. Entropia universului tinde către un maxim.

A introdus noţiunea de conţinut de căldură (1859) pe cale cinetico-moleculară, noţiune pe care, ulterior, W. Rankine o va numi energie internă.

CLIMATIZARE. v. Condiţionarea aerului.

COEFICIENT DE EXCES DE AER. Raport între cantitatea de aer introdusă în procesul de ardere şi cantitatea teoretică de aer necesar arderii. Se notează cu λ şi este dat de relaţia:

$$\lambda=\frac{V_{aer}}{V^{\circ}_{aer}}.$$

C. de e. de a. influenţează desfăşurarea procesului de ardere. Astfel, la un proces de ardere desfăşurat cu un **c. de e. de a.** $\lambda<1$, în produsele de ardere apar particule combustibile nearse (CO, H_2, C şi hidrocarburi), ceea ce duce la pierderi de căldură, datorate arderii incomplete. Acelaşi lucru se poate întîmpla şi în cazul cînd arderea are loc cu un **c. de e. de a.** prea mare, din cauza reducerii temperaturii de ardere obţinute (sub valoarea temperaturii teoretice de ardere a combustibilului). Excesul de aer mare conduce, în acelaşi timp, la creşterea pierderilor cu căldura fizică a gazelor de ardere evacuate din spaţiul de lucru. Valoarea optimă a **c. de e. de a.**, necesară desfăşurării unei arderi chimice complete a combustibilului, se stabileşte în funcţie de caracteristicile combustibilului, tipul instalaţiei şi natura procesului tehnologic. Indicativ, el este prezentat în tabelul C.21. Cunoaşterea **c. de e. de a.** în ex-

Tabelul C.21

Valorile uzuale ale coeficientului de exces de aer λ

Felul combustibilului	Felul instalaţiei de ardere	Excesul de aer λ
Combustibil solid	focar alimentat manual	1,6. . . .2,00
	focar alimentat mecanic	1,3. . . .1,5
	focar cu cărbune praf	1,2. . . .1,4
Combustibil lichid	—	1,2. . . .1,4
Combustibil gazos	—	1,0. . . .1,2

Scanned with OKEN Scanner

ploatarea curentă a instalațiilor termice și, mai ales, în efectuarea bilanțurilor energetice este de o mare utilitate în aprecierea calității arderii și a economiei de combustibil. Se poate determina în funcție de compoziția chimică a gazelor de ardere și a combustibilului cu relațiile:

— *pentru combustibili solizi și lichizi*:

$$\lambda = \frac{21}{21 - 79 \cdot \dfrac{O_2 - 0{,}5CO - 2CH - 0{,}5H_2}{N_2 - 0{,}429N^i/K^i(RO_2 + CO + CH_4)}},$$

în care O_2, RO_2, N_2, H_2, CO, CH_4 reprezintă compoziția gazelor de ardere în participații volumetrice iar N^i și $K^i = C^i + 0{,}375 \cdot S^i$ — componente gravimetrice ale analizei elementare a combustibilului referitoare la azot, carbon și sulf.

— *pentru combustibili gazoși*:

$$\lambda = \frac{21}{21 - 79 \cdot \dfrac{O_2 - 0{,}5CO - 0{,}5H_2 - 2CH_4}{N_2 - N_2^c/A^c(RO_2 + CO + CH_4)}},$$

în care O_2, RO_2, N_2, H_2, CO, CH_4 reprezintă compoziția gazelor de ardere în participații volumetrice, iar N_2^c, $A^c = CO_2^c + CO^c + H_2S^c + \Sigma m(C_mH_n)^c$ — componente volumetrice ale analizei elementare a combustibilului.

În cazul în care din combustibil lipsește azotul sau acesta se poate neglija, **c. de e. de a.** poate fi calculat cu relațiile simplificate (aproximativ):

$$\lambda = \frac{21}{21 - 79 \dfrac{O_2 - 0{,}5CO}{100 - (RO_2 + O_2 + CO)}};$$

$$\lambda = \frac{21}{21 - (O_2 - 0{,}5CO)}.$$

COEZIUNE. Atracție între moleculele corpurilor, care face ca acestea să opună rezistență încercărilor de a fi fragmentate. **C.** se datorează forțelor de interacțiune intermoleculare, care se pot împărți în următoarele categorii (pentru neelectroliți): forțe de dispersie sau London; forțe dipol-dipol sau Keesom; forțe dipol-dipol indus sau Debye; legături de hidrogen.

În cazul electroliților, apar și forțe ion-dipol.

Forțele de dispersie se datorează interacțiunii mecanic cuantice dintre atomii unor molecule diferite. În funcție de distanță, acestea pot fi de *respingere* — la distanțe mai mici decît o valoare limită, sau de *atracție* — cînd distanța depășește valoarea limită. Respingerea se datorează sarcinii de același semn a electronilor exteriori. Forțele de dispersie variază invers proporțional cu puterea a 6-a a distanței dintre moleculele atomilor cei mai apropiați ai moleculelor considerate și scad, deci, rapid cu creșterea distanței.

Forțele dipol-dipol, dipol-dipol indus și ion-dipol sînt forțe de natură electrostatică. Sarcinile fiind mult mai mici decît ale ionilor, forțele de atracție sînt cu mult mai slabe decît legăturile ionice. Asemenea forțe sînt invers proporționale cu puterea a 4-a a distanței, deci se vor manifesta la distanțe mai mari decît forțele de dispersie.

În cazul în care moleculele unui lichid conțin hidrogen, legat covalent de elementele cele mai electronegative: F, O, N sau mai rar Cl, moleculele prezintă tendințe de asociere. Tăria legăturii scade în ordinea electronegativității: F<O<N<Cl. Legătura se face prin intermediul atomului de hidrogen și, de aceea, se numește *legătura de hidrogen*. Legătura de hidrogen între doi atomi electronegativi X și Y se scrie sub forma generală $X—H \ldots Y$, adică hidrogenul este legat covalent de unul dintre atomii electronegativi și printr-o legătură de tip special, formulată prin puncte, de celălalt atom electronegativ. Capacitatea atomului de hidrogen de a forma legături de hidrogen se explică prin particularitatea norului electronic al acestuia de a fi foarte subțire în comparație cu cel al celorlalți atomi: sarcina pozitivă a nucleului este ecranată spre exterior numai de doi electroni. În cazul în care atomul de hidrogen este legat covalent de un atom puternic electronegativ, norul electronic este deplasat spre acesta din urmă (legătura $X—H$ este polarizată), nucleul H rămîne mai puțin ecranat și poate execrita o forță de atracție asupra perechii de electroni neparticipanți ai unui alt atom electronegativ Y. Atracția este cu atît mai puternică, cu cît volumul lui Y este mai mic. Legătura de hidrogen este, de obicei, *liniară* și numai în cazul cînd structura moleculei nu permite este *angulară*. Legătura de hidrogen este, deci, de natură electrostatică, dar de un tip special, depinzînd de prezența unui atom de hidrogen legat covalent de un atom foarte electronegativ și a unui alt atom foarte electronegativ. Mai des întîlnite, în ordinea importanței, sînt următoarele legături de hidrogen $O—H \ldots O$; $N—H \ldots O$; $F—H \ldots F$.

COLECTOR DE GAZE. Organ fix al sistemului de distribuție a gazelor la motoarele cu ardere internă, care asigură alimentarea cilindrilor motorului cu încărcătură proaspătă (colector de admisie) și evacuarea gazelor arse din cilindri pe care le transportă în atmosferă, în cazul motoarelor cu aspirație naturală, sau către turbina cu gaze, în cazul motoarelor supraalimentate cu grup turbocompresor (colector de evacuare).

Scanned with OKEN Scanner

Construcţia c. de g. depinde de tipul motorului, de felul distribuţiei (prin supape, prin lumini, prin sertare), dar mai ales, de sistemul de distribuţie a gazelor (admisie sau evacuare). La motoarele monocilindrice în patru timpi, c. de g. au forma unei conducte drepte sau

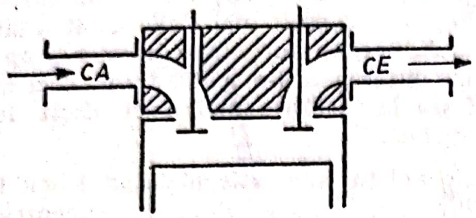


Fig. C.140. Colectoare de admisie şi evacuare pentru un motor monocilindric în patru timpi.

curbe care se asamblează la chiulasă prin intermediul unei flanşe (fig. C.140). La motoarele în doi timpi, c. de g. are forma unui manşon şi îmbracă cămaşa de cilindru, parţial sau total (fig. C.141), în zona în care sînt practicate ferestrele de baleiaj sau evacuare. La motoarele policilindrice, c. de g. sînt comune pentru toţi cilindrii sau pentru grupuri mari de cilindri. Unele motoare care echipează autoturisme de curse au c. de g. de tip individual.

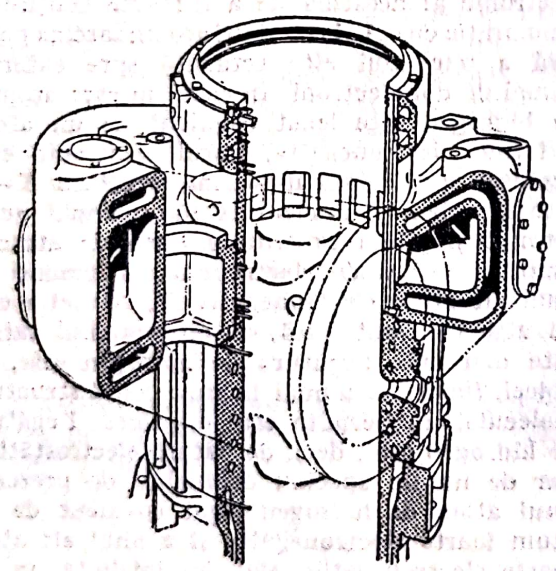


Fig. C.141. Colector de gaze pentru un motor în doi timpi.

Colectorul de admisie. Construcţia colectorului de admisie influenţează procesul de umplere a cilindrilor motorului, iar în cazul motoarelor cu aprindere prin scînteie, influenţează şi procesul de formare a amestecului în colector. La acest tip de motor, colectorul de admisie trebuie să asigure: transportul amestecului aer-combustibil cu pierderi gazodinamice mici, pentru a realiza o umplere cît mai bună; o viteză de curgere determinată, pentru a preveni condensarea combustibilului vaporizat; distribuirea uniformă a amestecului; preîncălzirea amestecului în anumite limite.

La motoarele policilindrice, arhitectura colectorului de admisie ridică o serie de probleme particulare în legătură cu posibilitatea satisfacerii cerinţelor specificate.

În vederea realizării unor trasee cît mai uniforme pentru încărcătura proaspătă se utilizează soluţia de colector de admisie care asigură alimentarea cilindrilor pe perechi (fig. C.142). Soluţia prezintă ca dezavantaj aşezarea alăturată a două supape de evacuare, ceea ce implică crearea unor zone de concentrare a solicitării termice în chiulasă. Pentru evitarea acestui dezavantaj, în unele cazuri se alternează supapele. În asemenea situaţii, pentru a îmbunătăţi umplerea, se prevăd colectoare de admisie cu canale independente, alimentate de la un corp central.

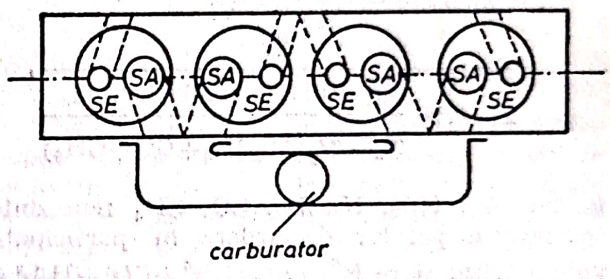


Fig. C.142. Colector de admisie pentru un motor cu patru cilindri în patru timpi.

Pentru preîncălzirea încărcăturii proaspete, colectorul de admisie este prevăzut fie cu cămaşă de apă (fig. C.143 a), prin care circulă apa caldă din circuitul de răcire al motorului, fie cu o cavitate în care se adună gazele arse (fig. C, 143 b).

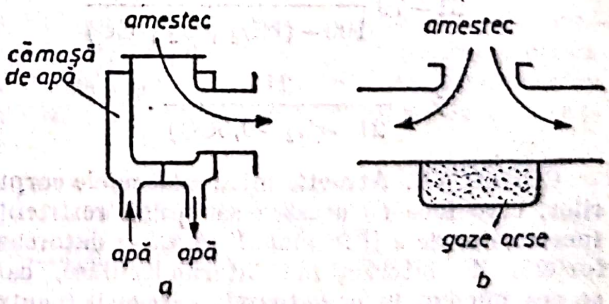


Fig. C.143. Colectoare de admisie cu preîncălzirea încărcăturii proaspete:
a — preîncălzire cu apă caldă; *b* — preîncălzire cu gaze arse.

La unele construcţii, pentru încălzirea încărcăturii proaspete colectorul de admisie este montat de aceeaşi parte cu colectorul de evacuare, alcătuind împreună o singură piesă.

La motoarele cu aprindere prin scînteie, arhitectura colectorului de admisie se corelează şi cu tipul de carburator. De exemplu: la un

motor cu patru cilindri în linie, utilizarea unui carburator cu un singur corp impune, pentru a evita neuniformitatea alimentării cilindrilor, un colector cu trasee egale pentru cilindrii simetrici față de carburator și poziționarea axului clapetei de amestec paralel cu axa longitudinală a motorului (fig. C.144 a). În cazul utilizării unui carburator dublu-corp, cu deschiderea diferențiată a clapetelor, colectorul se realizează cu o cameră comună (fig. C.144 b), unde debitează ambele camere de amestec ale carburatorului dublu-corp, din care se despart conductele de alimentare ale cilindrilor. În cazul utilizării carburatorului dublu-corp cu deschiderea sincronă a clapetelor de amestec, colectorul de admisie se realizează cu perete despărțitor (fig. C.147 c); astfel, este posibil ca fiecare cameră de amestec să alimenteze un grup de doi cilindri.

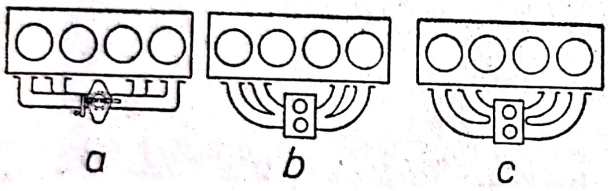


Fig. C.144. Soluții constructive de colectoare de admisie pentru motoare cu aprindere prin scînteie:
a — carburator simplu-corp; *b* — carburator dublu-corp cu deschidere diferențiată a clapetelor; *c* — carburator dublu-corp cu deschidere sincronă a clapetelor.

Principiul expus se aplică și la motoarele cu șase cilindri în linie. La motoarele în „V", forma colectorului de admisie este mult mai complicată și se realizează după diferite scheme. În fig. C.145 sînt prezentate schemele unor colectoare de admisie pentru două motoare cu aprindere prin scînteie (cu 6 și 8 cilindri) în „V", alimentate de carburatoare dublu-corp.

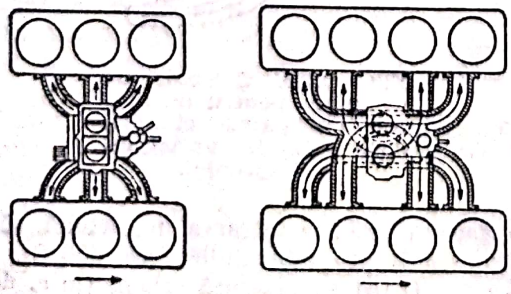


Fig. C.145. Colectoare de admisie pentru motoare cu aprindere prin scînteie în „V", alimentate cu carburatoare dublu-corp.

În cazul motoarelor diesel, colectorul de admisie comun este determinat de necesitatea echipării motorului cu un singur filtru de aer. La acest tip de motor nu se impun condiții specifice referitoare la valoarea secțiunii sau lungimii colectorului. Colectorul de admisie pentru aceste motoare poate fi realizat cu locul de intrare a aerului în colector plasat simetric (fig. C.146 a), asimetric(fig. C.146 b), sau la unul din capetele colectorului (fig. C.146 c.).

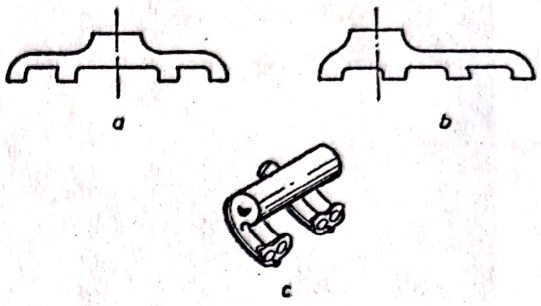


Fig. C.146. Colectoare de admisie pentru motoare diesel.

Colectorul de admisie se execută din fontă sau aliaje de aluminiu, prin turnare și din țevi de tablă de oțel, prin sudare. În cazul colectoarelor turnate se folosește fonta cenușie obișnuită din categoria Fc 20, sau aliajul de aluminiu din categoria AT Si 5 Cu 3. Secțiunile de curgere prin colector pot fi circulare sau dreptunghiulare. În unele cazuri, ele variază de la forma dreptunghiulară la forma circulară; în aceste situații, trecerile trebuie să se facă cît mai lin, pentru micșorarea pierderilor gazodinamice. Din același motiv, trebuie evitate devierile bruște ale canalelor de curgere, iar suprafața lor interioară trebuie să fie netedă și curată.

Colectorul de evacuare. Pentru motoarele monocilindrice colectorul de evacuare are forma unei conducte drepte (v. fig. C.140) cu rezistențe gazodinamice minime. Pentru unele motoare policilindrice, colectorul de evacuare se execută cu canale independente scurte (fig. C.147) care trimit gazele într-o conductă comună. Datorită volumului relativ mic al ansamblului de canale și conducte, precum și datorită rezistențelor gazodinamice mari, colectorul de evacuare cu conducte scurte se caracterizează prin stabilirea unei contrapresiuni ridicate, care îngreunează eliminarea gazelor din cilindru. Din acest motiv, precum și pentru valorificarea fenomenelor de oscilație a presiunii (curgerea gazelor prin conductele de evacuare are un caracter pulsator, determinat de unda de presiune fundamentală generată în momentul deschiderii supapei de evacuare și reflectarea acesteia), la motorul policilindric se utilizează colectoare de evacuare cu individualizarea ramificațiilor prin conducte lungi. Schemele unor astfel de colectoare sînt prezentate în fig. C.148 și C.149. La motorul cu patru cilindri, ramificațiile se unesc la un colector comun (fig. C.148). La motorul cu șase cilindri, pentru a realiza individualizarea conduc-

motor cu patru cilindri în linie, utilizarea unui carburator cu un singur corp impune, pentru a evita neuniformitatea alimentării cilindrilor, un colector cu trasee egale pentru cilindrii simetrici față de carburator și poziționarea axului clapetei de amestec paralel cu axa longitudinală a motorului (fig. C.144 a). În cazul utilizării unui carburator dublu-corp, cu deschiderea diferențiată a clapetelor, colectorul se realizează cu o cameră comună (fig. C.144 b), unde debitează ambele camere de amestec ale carburatorului dublu-corp, din care se despart conductele de alimentare ale cilindrilor. În cazul utilizării carburatorului dublu-corp cu deschiderea sincronă a clapetelor de amestec, colectorul de admisie se realizează cu perete despărțitor (fig. C.147 c); astfel, este posibil ca fiecare cameră de amestec să alimenteze un grup de doi cilindri.

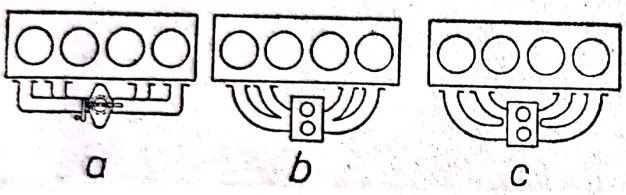


Fig. C.144. Soluții constructive de colectoare de admisie pentru motoare cu aprindere prin scînteie:
a — carburator simplu-corp; *b* — carburator dublu-corp cu deschidere diferențiată a clapetelor; *c* — carburator dublu-corp cu deschidere sincronă a clapetelor.

Principiul expus se aplică și la motoarele cu șase cilindri în linie. La motoarele în „V", forma colectorului de admisie este mult mai complicată și se realizează după diferite scheme. În fig. C.145 sînt prezentate schemele unor colectoare de admisie pentru două motoare cu aprindere prin scînteie (cu 6 și 8 cilindri) în „V", alimentate de carburatoare dublu-corp.

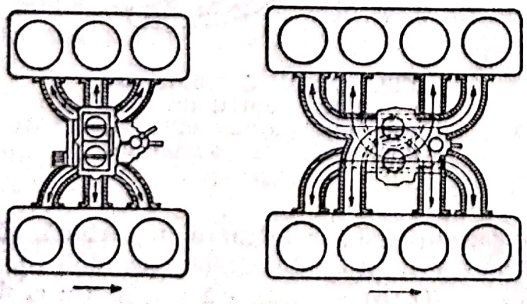


Fig. C.145. Colectoare de admisie pentru motoare cu aprindere prin scînteie în „V", alimentate cu carburatoare dublu-corp.

În cazul motoarelor diesel, colectorul de admisie comun este determinat de necesitatea echipării motorului cu un singur filtru de aer. La acest tip de motor nu se impun condiții specifice referitoare la valoarea secțiunii sau lungimii colectorului. Colectorul de admisie pentru aceste motoare poate fi realizat cu locul de intrare a aerului în colector plasat simetric (fig. C.146 a), asimetric(fig. C.146 b), sau la unul din capetele colectorului (fig. C.146 c.).

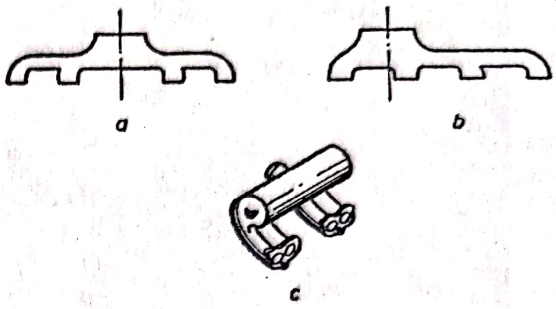


Fig. C.146. Colectoare de admisie pentru motoare diesel.

Colectorul de admisie se execută din fontă sau aliaje de aluminiu, prin turnare și din țevi de tablă de oțel, prin sudare. În cazul colectoarelor turnate se folosește fonta cenușie obișnuită din categoria Fc 20, sau aliajul de aluminiu din categoria AT Si 5 Cu 3. Secțiunile de curgere prin colector pot fi circulare sau dreptunghiulare. În unele cazuri, ele variază de la forma dreptunghiulară la forma circulară; în aceste situații, trecerile trebuie să se facă cît mai lin, pentru micșorarea pierderilor gazodinamice. Din același motiv, trebuie evitate devierile bruște ale canalelor de curgere, iar suprafața lor interioară trebuie să fie netedă și curată.

Colectorul de evacuare. Pentru motoarele monocilindrice colectorul de evacuare are forma unei conducte drepte (v. fig. C.140) cu rezistențe gazodinamice minime. Pentru unele motoare policilindrice, colectorul de evacuare se execută cu canale independente scurte (fig. C.147) care trimit gazele într-o conductă comună. Datorită volumului relativ mic al ansamblului de canale și conducte, precum și datorită rezistențelor gazodinamice mari, colectorul de evacuare cu conducte scurte se caracterizează prin stabilirea unei contrapresiuni ridicate, care îngreunează eliminarea gazelor din cilindru. Din acest motiv, precum și pentru valorificarea fenomenelor de oscilație a presiunii (curgerea gazelor prin conductele de evacuare are un caracter pulsator, determinat de unda de presiune fundamentală generată în momentul deschiderii supapei de evacuare și reflectarea acesteia), la motorul policilindric se utilizează colectoare de evacuare cu individualizarea ramificațiilor prin conducte lungi. Schemele unor astfel de colectoare sînt prezentate în fig. C.148 și C.149. La motorul cu patru cilindri, ramificațiile se unesc la un colector comun (fig. C.148). La motorul cu șase cilindri, pentru a realiza individualizarea conduc-

Scanned with OKEN Scanner

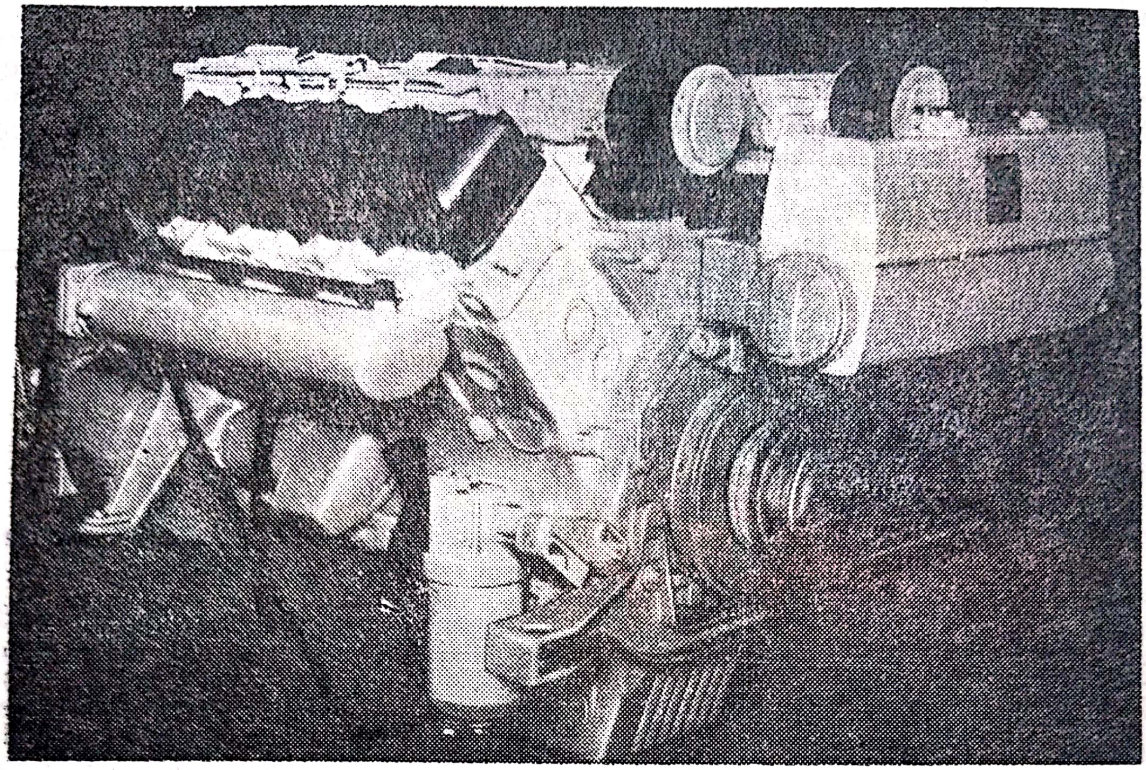


Fig. C.147. Motor diesel cu colectoare de evacuare independente scurte.

telor, se aplică sistemul cu cîte trei conducte care se unesc la un colector tronconic (fig. C.149).

La colectoarele de evacuare cu ramificaţii individuale, punctele de îmbinare a ramificaţiilor nu au o rezistenţă gazodinamică mare

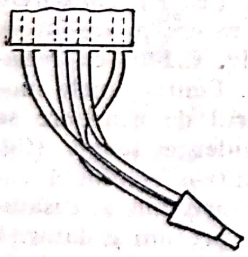


Fig. C.148. Colectoare de evacuare lungi pentru un motor cu patru cilindri.

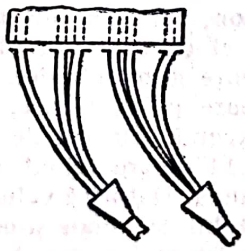


Fig. C.149. Colectoare de evacuare lungi pentru un motor cu şase cilindri.

şi, ca urmare, nu crează o suprapresiune în colector, ceea ce ameliorează golirea cilindrilor de gaze arse.

Colectoarele de evacuare care lucrează pe principiul interferenţei au o influenţă favorabilă asupra reducerii zgomotelor la evacuare, sînt mai uşoare şi mai uşor adaptabile. În fig. C.150 este prezentat un colector de evacuare pentru un motor cu patru cilindri care lucrează pe principiul interferenţei.

La motoarele cu aprindere prin comprimare, de puteri foarte mari, care ard pe ciclu cantităţi de combustibil mari, colectoarele de evacuare se răcesc cu apă din circuitul de răcire al motorului. În acest scop, colectorul este prevăzut cu o cămaşă de apă (v. fig. C.141).

Răcirea este, uneori, necesară şi în cazul motoarelor supraalimentate, pentru ca tempera-

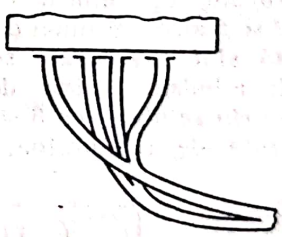


Fig. C.150. Colector de evacuare pentru un motor cu patru cilindri, constituit pe principiul interferenţei.

tura gazelor arse, la intrarea în turbină, să nu depăşească limita admisibilă (cca 650°C).

În fig. C.151 se prezintă schematic c. de g. al unui motor naval în doi timpi, supraalimentat cu grup turbocompresor.

Colectoarele de evacuare se execută din fontă, prin turnare, sau prin sudură din ţevi şi tablă de oţel. În cazul colectorului turnat, se foloseşte fonta cenuşie obişnuită din categoria Fc 15, Fc 25 sau fonta specială aliată din categoria Fc 28 Cr Cu. Colectorul sudat se execută din ţevi de oţel laminate la rece.

Scanned with OKEN Scanner

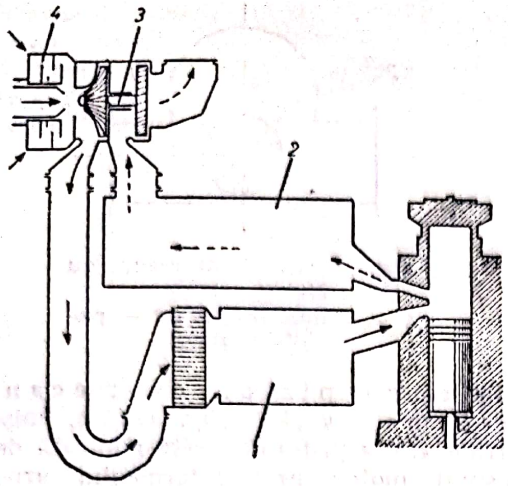


Fig. C.151. Colectoare de gaze pentru un motor diesel naval, supraalimentat cu grup turbocompresor:
1 — colector de admisie; *2* — colector de evacuare; *3* — grup turbocompresor; *4* — filtru de aer.

COLOANĂ DE ASPIRAȚIE. Coloană dintre un recipient de alimentare și o pompă sau un injector. Ea trebuie să fie de lungime mică și să aibă pereții interiori netezi, pentru ca pierderile de presiune să fie cît mai mici. Totodată, trebuie să fie etanșă (coloanele pentru lichid) pentru a evita pătrunderea aerului care ar putea produce dezamorsarea pompei.

C. de a. se compune din următoarele organe: sorb cu clapetă sau cu supape de reținere; coloană propriu-zisă; robinet; piese de legătură ale coloanei (mufe, flanșe). *Sorbul cu clapetă* sau *cu supapă de reținere* cuprinde și o sită care împiedică intrarea impurităților în pompă. *Coloana propriu-zisă*, în general, metalică sau construită din materiale plastice, face legătura între sorb și pompă, fiind legată de ea prin flanșe cu garnituri sau prin mufe. La coloanele subterane, îmbinările prin flanșă nu sînt recomandabile, ci se preferă cele prin manșoane fixate sau sudate. *Robinetul cu vană* sau *cu sertar* se montează între coloană și pompă.

Viteza de curgere a lichidului prin **c. de a.** trebuie să fie de 1—2 m/s. Trecerile de la o secțiune mare la una mai mică, pe tronsoane orizontale, se face printr-o piesă de legătură nesimetrică care să evite formarea pungilor de aer la partea superioară. **C. de a.** orizontală trebuie să aibe o pantă de 2 cm/m. Dacă în **c. de a.** există puncte în care se formează pungi de aer, în aceste locuri se montează un dispozitiv de dezaerisire la partea cea mai înaltă.

COMBUSTIBIL. Substanță la care degajarea de căldură prin oxidarea ei în aer sau oxigen are loc rapid. Combustibilii pot fi naturali sau derivați.

C. naturali pot fi *solizi* (lemn, turbă, lignit, cărbune etc.), *lichizi* (țiței) sau *gazoși* (gaze naturale, gaze de sondă etc.

C. derivați *solizi* sînt: cocsul, brichetele de cărbune și deșeurile combustibile solide; cei *lichizi* sînt: benzinele, petrolul lampant, motorina, păcura etc.; cei *gazoși* sînt: gazele de furnal, gazele de cocserie sau rafinărie.

Un **c.** este format din *masa combustibilă*, compusă din substanțe care ard și *balastul*, alcătuit din substanțe care nu ard.

C. nuclear este un material fisionabil, utilizat pentru producerea de energie într-un reactor nuclear. Există trei izotopi fisionabili: izotopul 235 al uraniului (U-235), ca singurul izotop fisionabil care apare în natură, existent în proporție de 0,72% în uraniul natural, restul de 99,28% fiind U-238; izotopul 239 al plutoniului (Pu-239) și izotopul 233 al uraniului (U-233). Aceștia sînt produși artificial prin reacții cu bombardare cu neutroni (reacții de captură radioactivă), respectiv a U-238 și Th-232, numite materiale fertile. **C.** nuclear poate fi alcătuit dintr-un izotop sau din amestecuri de mai mulți izotopi, inclusiv materiale fertile. Pentru modificarea unor proprietăți fizice care ameliorează comportarea în reactoarele nucleare (evitarea modificărilor de fază alotropică, reducerea coroziunii, acomodarea produselor gazoase de fisiune, creșterea stabilității la iradiere, mărimea gradului de ardere etc.), **c.** nuclear pot conține și alte elemente chimice de legătură sau de aliere. **C.** nuclear se prezintă, de obicei, în *stare solidă* sub formă metalică (U pur, U aliat cu Cr, Mo, Nb, Zr sau Al, Pu pur, Pu aliat cu U sau cu Al, Co, Ni, Th aliat cu Ti sau Zr) sau, mai ales, sub *formă ceramică* (UO_2, UC, PuO_2, ThO_2).

COMPRESIE (Sin: **Comprimare**). Raport dintre variația de volum a unui corp (datorată acționării unor forțe exterioare) și volumul său inițial. Din punct de vedere fizic, prin compresie se înțelege micșorarea volumului unui corp, datorită acțiunii unor forțe exterioare (prin reducerea spațiilor lui intermoleculare).

La gaze, **c.** depinde de condițiile în care acționează forțele exterioare și ea poate fi *adiabatică* (fără schimb de căldură cu mediul exterior), *izotermă* (la temperatură constantă) sau *politropică* (cu variația tuturor parametrilor). Cele 3 posibilități de comprimare sînt reprezentate în diagrama *p-v*, în care agentul termic aflat la o stare *1*, caracterizat de presiunea p_1 și volumul v_1, este comprimat pînă la presiunea p_2, adiabat, politrop și izoterm (fig. C.152).

C. este o fază caracteristică de funcționare a mașinilor termice, ca de exemplu la motoarele cu aprindere prin scînteie, unde amestecul carburant este comprimat pînă la presiunea necesară arderii, iar la cele cu aprindere prin comprimare, aerul este comprimat pînă la

Scanned with OKEN Scanner

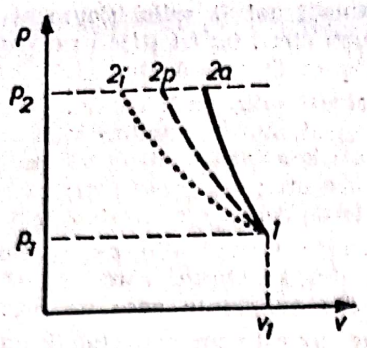


Fig. C.152. Procesul de comprimare reprezentat în diagrama *p—v*:
1—2a=comprimare adiabatică;
1—2p=comprimare politropică;
1—2i=comprimare izotermă.

temperatura la care combustibilul injectat în cilindru se autoaprinde. La compresoare, **c.** se face pînă la presiunea existentă în colectorul de evacuare.

COMPRESOR. Mașină termică consumatoare de energie, care realizează creșterea presiunii gazelor sau a vaporilor. După principiul de funcționare, se deosebesc următoarele tipuri: **c.** volumetrice cu piston și **c.** volumetrice rotative.

C. volumetric cu piston efectuează comprimarea prin micșorarea volumului ocupat de gaz, ceea ce duce la creșterea presiunii statice a gazului. Acest tip de **c.** realizează presiuni foarte înalte (pînă la 1 000 bar), dar la debite relativ mici (pînă la 450 m^3/min).

Din categoria **c.** volumetrice cu piston fac parte: **c.** cu piston cu mecanism bielă-manivelă (fig. C.153), **c.** cu piston etajat (fig. C.154), la ambele mișcarea pistonului fiind de translație și **c.** cu piston rotativ (fig. C.155).

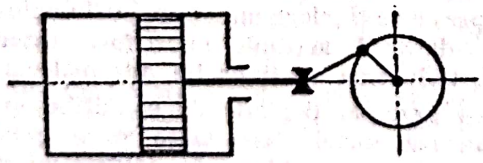


Fig. C.153. Compresor cu piston cu mecanism bielă-manivelă.

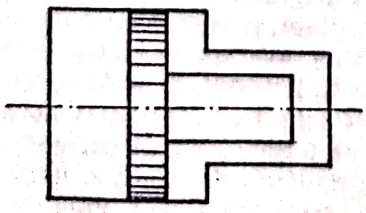


Fig. C.154. Compresor cu piston etajat.

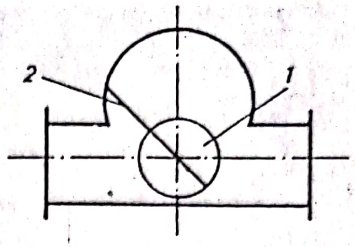


Fig. C.155. Compresor cu piston rotativ:
1 — piston rotativ; *2* — palete radiale.

La **c.** cu piston cu mecanism bielă-manivelă (fig. C.153), mișcarea de translație a pistonului este realizată de mecanismul motor prin intermediul arborelui cotit și al bielei.

Mișcarea de translație a pistonului la **c.** cu piston etajat (fig. C. 154) se realizează prin antrenarea de către motorul cu ardere internă. La **c.** cu piston rotativ (fig. C.155), în timpul rotirii pistonului *1*, paletele radiale *2* asigură creșterea presiunii.

C. volumetric rotativ realizează comprimarea tot prin micșorarea volumului, dar în timpul procesului, gazul curge.

Din categoria **c.** rotative fac parte turbocompresoarele, compresoarele de tip Roots, suflantele și ventilatoarele. Turbocompresoarele se clasifică în turbocompresoare centrifugale (fig. C.156), turbocompresoare diagonale (fig. C.157), turbocompresoare multietajate (fig. C.158), turbocompresoare axiale (fig. 159).

Turbocompresorul centrifugal (radial) din fig. C.156a are rotorul format dintr-un disc principal *1* și un disc de acoperire *3*, spațiul dintre ele formînd canalele de curgere *2*. Aceste **c.** necesită o prelucrare dificilă a rotorului.

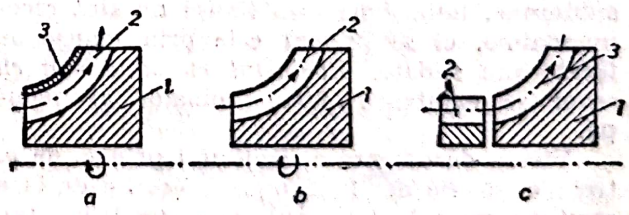


Fig. C.156. Rotoare pentru turbocompresoare centrifugale.

La turbocompresorul centrifugal din fig. C.156 b, rotorul este format dintr-un disc deschis *1*, ce poate fi realizat prin forjare.

În fig. C.156 c este prezentat un turbocompresor centrifugal la care rotorul este format dintr-un disc *1*, cu palete radiale, precedat de un rotor auxiliar *2*. Rotorul auxiliar asigură o curgere corectă a gazului prin canalele *3* ale discului *1*.

Scanned with OKEN Scanner

Schema de principiu a unui **turbocompresor diagonal** este arătată în fig. C.157. Forma discului *1* realizează descărcarea acestuia de solicitarea la încovoiere prin forțele centrifuge.

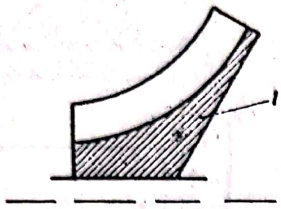


Fig. C.157. Rotor de turbocompresor diagonal.

Turbocompresoarele centrifugale multietajate pot fi clasificate în turbocompresoare cu rotoare legate în serie (fig. C.158 a) și turbocompresoare cu rotor dublu (fig. C.158 b). La turbocompresorul cu rotoare legate în serie, canalul de conducere *2*, dintre rotoarele *1* și *3* (legate în serie), produce pierderi de presiune mari și scăderea randamentului gazodinamic. Rotorul dublu al turbocompresorului multietajat din fig. C.158 b asigură dublarea debitului de gaz, iar forma simetrică a discului *1* îl descarcă de solicitările la încovoiere.

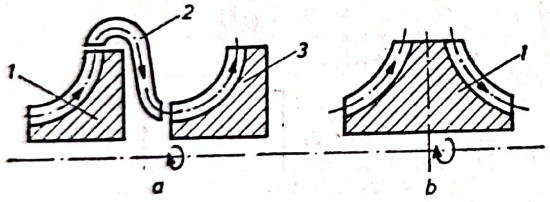


Fig. C.158. Rotoare pentru turbocompresoare centrifugale multietajate:
a — rotoare legate în serie; *b* — rotor dublu.

Un **turbocompresor axial** este prezentat schematic în fig. C.159, în trei variante: a) cu diametrul tamburului constant; b) cu diametrul carcasei constant; c) cu diametrul mediu constant.

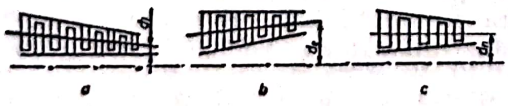


Fig. C.159. Variante constructive de turbocompresoare axiale.

Turbocompresoarele cu debite mari de gaz realizează un grad de compresie ($\beta = p_{final}/p_{initial}$) mult mai redus decît la c. volumetrice. Astfel, turbocompresoarele centrifugale realizează $\beta = 20-25$ pentru debite de gaz pînă la 2 500 m³/min, iar turbocompresoarele axiale, $\beta = 3-6$, la debite care depășesc 10 000 m³/min.

La **c. rotativ de tip „Roots"** (fig. C.160), creștere a presiunii se realizează prin mișcarea continuă a rotoarelor *1* și *2* în interiorul cilindrului *3*.

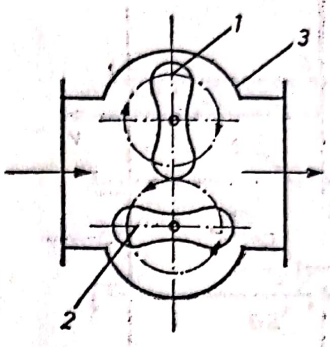


Fig. C.160. Compresor rotativ de tip Roots:
1, 2 — rotoare; *3* — cilindru.

Studiul termodinamic al c. cu piston se face atît teoretic, cît și real.

Pentru studiul teoretic se fac următoarele ipoteze simplificatoare: c. e lipsit de spațiu vătămător (v. **Spațiu mort**); gazul care evoluează se consideră că are proprietățile gazului perfect; între piston și cilindru nu există frecare; trecerea gazului prin orificiile supapelor se face fără laminare (deci nu există pierderi interne de energie).

În fig. C.161 sînt prezentate fazele diagramei c. cu piston.

În fig. C.161 a se reprezintă faza de aspirație (izobara *4-1*) în timpul căreia pistonul parcurge cursa *s*. Gazul pătrunde în cilindru la presiunea p_1, supapa de admisie fiind deschisă. În fig. C.161 b, are loc faza de comprimare (în diagrama *p-v*, curba *1-2*). Odată cu schimbarea sensului de deplasare a pistonului, ambele supape fiind închise, gazul din cilindru este comprimat de piston pînă la presiunea p_2 din colectorul de evacuare. În momentul cînd gazul din cilindru atinge presiunea p_2, supapa de evacuare *s e* se deschide și are loc faza de evacuare (fig. C.161 c), în care gazul este evacuat din cilindru la presiunea constantă p_2 (izobara *2-3*). Cînd pistonul ajunge în punctul mort inferior (P.M.I.), prin deschiderea supapei de aspirație, simultan cu închiderea celei de evacuare, are loc egalizarea presiunilor la volum teoretic nul, după izocora *3-4*.

Lucrul mecanic specific l_t consumat de c. teoretic pentru realizarea unei diagrame (a unei compresii), pentru 1 kg de gaz, este:

$$l_t = \frac{n}{n-1} p_1 v_1 \left[1 - \beta^{\frac{n-1}{n}}\right] \quad [J/kg],$$

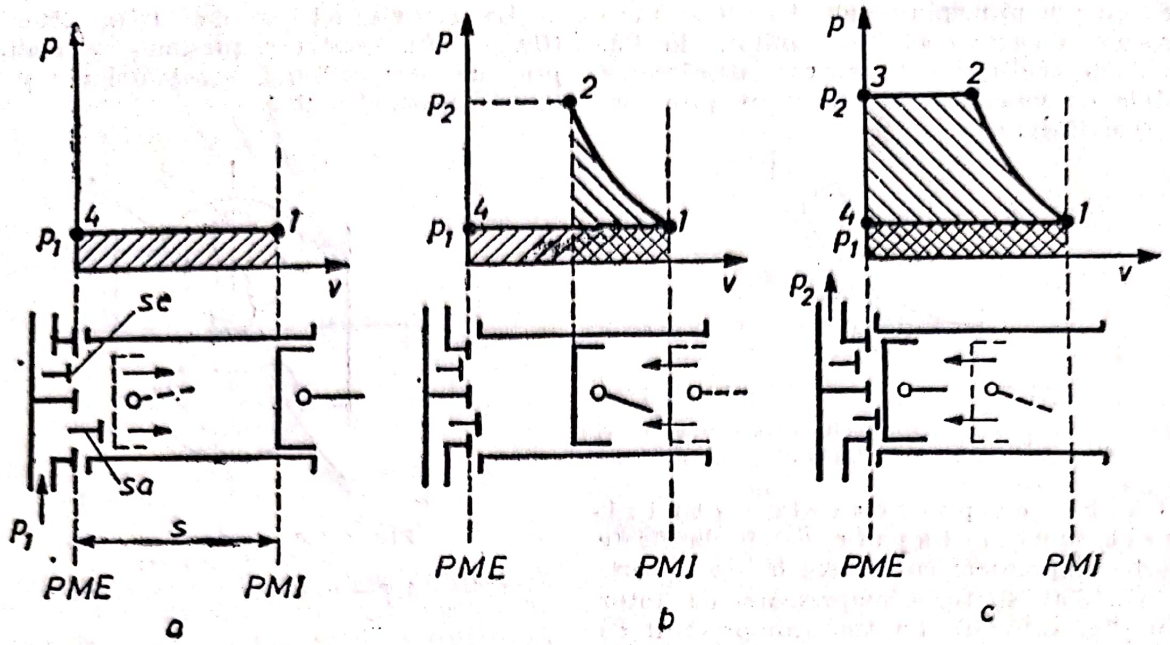


Fig. C.161. Diagrama teoretică de funcționare a unui compresor cu piston, în coordonate p—v.

unde $\beta=\frac{p_2}{p_1}$ reprezintă gradul de compresie, iar n — exponentul politropic. Transformarea după care se desfășoară faza de comprimare poate fi adiabatică sau izotermă. În fig. C.162 este reprezentat , în diagramele p-v și T-s, procesul de comprimare a unui kilogram de gaz pentru cele trei transformări. Lucrul mecanic tehnic l_t consumat este minim în cazul comprimării izoterme. Deci, funcționarea c. ar fi optimă, dacă s-ar putea realiza o asemenea răcire a cilindrului, încît agentul de răcire să preia de la gaz, în fiecare moment, o cantitate de căldură echivalentă cu lucrul mecanic consumat în procesul de comprimare.

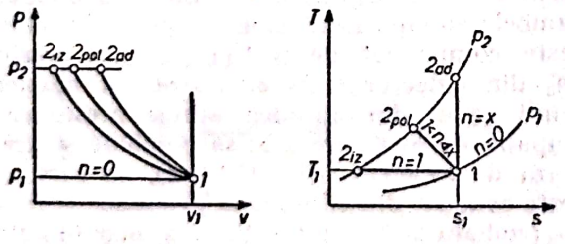


Fig. C.162. Procesul de comprimare în coordonate p—v și T—s:
1—2_{ad}=comprimare adiabatică; 1—2_{pol}=comprimare politropică; 1—2_{iz}=comprimare izotermă.

Expresiile lucrului mecanic tehnic consumat l_t și a căldurii evacuate q, în cazul celor trei tipuri de c., sînt:

— c. izoterm:

$$l_t=p_1\cdot v_1\cdot \ln\beta \qquad [\text{J/kg}];$$

$$q=l_t$$

— c. politropic:

$$l_t=\frac{n}{n-1}\,p_1\cdot v_1\cdot\left[1-\beta^{\frac{n-1}{n}}\right] \quad [\text{J/kg}];$$

$$q=\frac{k-n}{n(k-1)}\cdot l_t$$

— c. adiabatic:

$$l_t=\frac{k}{k-1}\,p_1\cdot v_1\left[1-\beta^{\frac{k-1}{k}}\right] \quad [\text{J/kg}],$$

$$q=0,$$

unde k este exponentul adiabatic, iar n — exponentul politropic.

Un sistem tehnic de c. cu piston trebuie să ia în considerare existența spațiului vătămător V_c ce există între fața pistonului, aflat la începutul cursei de aspirație, sau la sfîrșitul celei de evacuare și capacul cilindrului (fig. C.163). Mărimea acestui spațiu este caracterizată prin coeficientul spațiului vătămător ε_0, care reprezintă raportul dintre volumul spațiului vătămător și volumul cursei pistonului:

$$\varepsilon_0=\frac{V_c}{V_s}.$$

ε_0 este o caracteristică constructivă a compresorului și poate lua valori cuprinse între 0,05 și 0,1.

În diagrama de funcționare a c. (cu piston) tehnic are loc și o fază de destindere (*3-4*, în fig. C.163), iar volumul de gaz real aspirat V_a este mai mic decît volumul V_s, corespunzător cursei pistonului.

Scanned with OKEN Scanner

Influența spațiului vătămător asupra debitului compresorului este dată de coeficientul (gradul) de umplere:

$$\mu = \frac{V_a}{V_s},$$

care reprezintă caracteristica funcțională a compresorului. Lucrul mecanic consumat de c. tehnic pentru efectuarea unei diagrame are expresia:

$$l = \frac{n}{n-1} p_1 V_a \left[1 - \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{n-1}{n}}\right] \quad [\text{J/kg}].$$

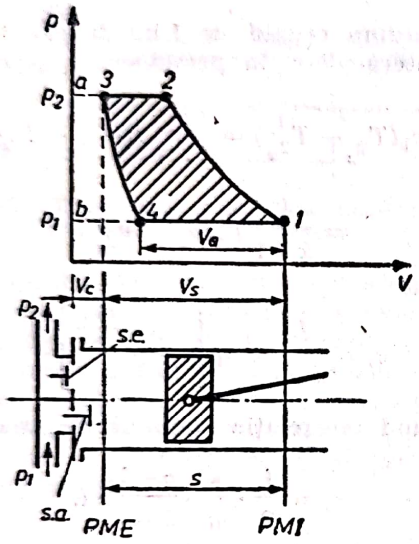


Fig. C.163. Diagrama tehnică a unui compresor cu piston.

Se consideră că evoluțiile politropice *1-2* și *3-4* (fig. C.163) se desfășoară cu același exponent, *n*.

Prin mărirea gradului de compresie β, diagrama de funcționare a c. tehnic se modifică, volumul de gaz aspirat se micșorează și, ca urmare, se micșorează și debitul c. (fig. C.164). Se observă, că β atinge o valoare maximă, atunci cînd curba de compresie intersectează izocora spațiului vătămător. În acest caz limită, c. nu mai debitează gaz, el comprimă și destinde continuu aceeași cantitate de gaz. Volumul de gaz aspirat fiind nul, gradul de umplere al c. este zero ($\mu=0$), condiție din care se poate determina expresia gradului de compresie maxim, respectiv a presiunii de refulare maxime:

$$\beta_{max} = \left(\frac{1}{\varepsilon_0} + 1\right)^n; \quad p_{2\,max} = p_1 \left(\frac{1}{\varepsilon_0} + 1\right)^n.$$

C. *tehnic cu o singură treaptă* prezintă dezavantajul că, pentru realizarea unuo presiuni

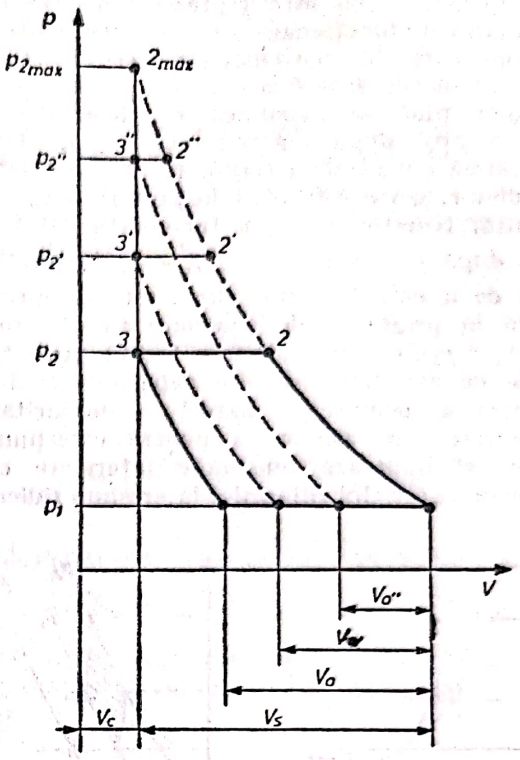


Fig. C.164. Influența gradului de compresie asupra diagramei de funcționare a compresorului tehnic.

ridicate, temperatura gazului la evacuare crește foarte mult, putînd depăși temperatura de autoaprindere a uleiului de ungere. De aceea, pentru realizarea unei compresii ridicate se folosește c. *în trepte* (fig. C.165), în cadrul căruia gazul este supus unor comprimări succesive, în două sau mai multe unități funcționale, fiecare din acestea reprezentînd o treaptă de comprimare. Între treptele de comprimare care se succed, gazul este răcit la presiune constantă pînă la temperatura inițială.

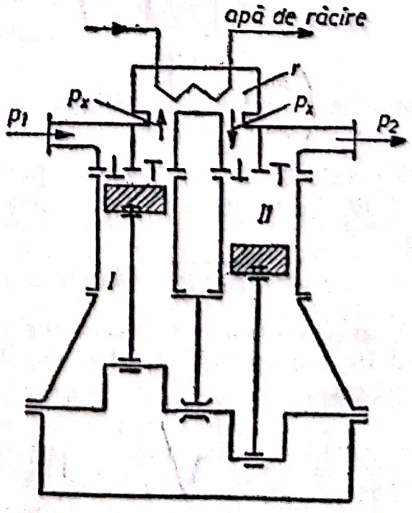


Fig. C.165. Compresor cu piston, în două trepte.

În fig. C.166 este reprezentată diagrama teoretică de funcționare a c. cu două trepte de comprimare, în coordonate p-v și T-s. Gazul aspirat în cilindrul I la presiunea p_1 este comprimat până la presiunea p_x, intermediară, $p_1<p_x<p_2$, după diagrama p_1-1-2_x-p_x. După refularea din prima treaptă, în răcitorul intermediar r, gazul este răcit la presiunea p_x constantă, teoretic, până la temperatura inițială T_1, după evoluția izobară $2'_x-2_x$. Aspirat în cea de a doua treaptă, gazul este comprimat până la presiunea de evacuare p_2 (diagrama p_x-2_x-2-p_2). Comprimarea în trepte prezintă o serie de avantaje: permite depășirea gradului maxim de compresie, mărește economicitatea compresorului, asigură o ungere corespunzătoare și limitează tensiunile interioare care apar în materialul cilindrilor la presiuni ridicate.

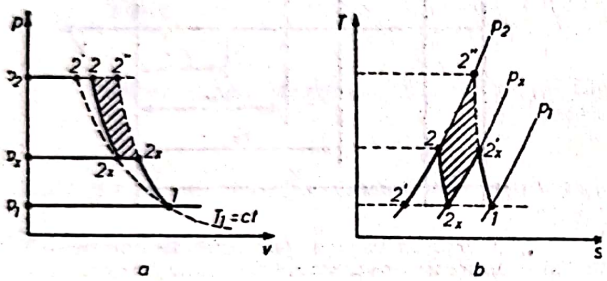


Fig. C.166. Diagramele teoretice de funcționare a compresorului cu două trepte de comprimare, în coordonate $p-v$ și $T-s$.

În fig. C.166 se observă, că față de c. cu o singură treaptă (diagrama p-1-$2''$-p_2), cel cu două trepte și răcire intermediară conduce la economie de lucru mecanic și la micșorarea temperaturii finale a gazului $T_2<T''_2$. Expresia lucrului mecanic consumat de c. în două trepte se determină cu relația:

$$l=\frac{n}{n-1}\cdot p_1v_1\left[2-\left(\frac{p_x}{p_1}\right)^{\frac{n-1}{n}}-\left(\frac{p_2}{p_x}\right)^{\frac{n-1}{n}}\right] \quad [\text{J/kg}].$$

Valoarea presiunii intermediare p_x pentru care economia de lucru mecanic este maximă are expresia:

$$p_x=\sqrt{p_1\cdot p_2} \quad [\text{bar}],$$

obținută în condițiile ca lucrul mecanic consumat să fie minim ($dl/dp_x=0$). O altă formă pentru p_x este:

$$\frac{p_x}{p_1}=\frac{p_2}{p_x}=\sqrt{\frac{p_2}{p_1}}=\sqrt{\beta};$$

$$\beta_I=\beta_{II}=\beta_i=\beta^{1/2}.$$

Deci β_i are aceeași valoare pe fiecare treaptă. În aceste condiții, lucrul mecanic devine:

$$l=2\frac{n}{n-1}p_1v_1\left[1-\beta_i^{\frac{n-1}{n}}\right], \quad [\text{J/kg}]$$

sau

$$l=\frac{2n}{n-1}p_1v_1\left[1-\beta^{\frac{n-1}{2n}}\right] \quad [\text{J/kg}].$$

Căldura cedată de gaz se compune din:

— căldura evacuată prin pereții cilindrilor I și II de 1 kg de gaz în compresia politropică:

$$q_I+q_{II}=\frac{k-n}{n(k-1)}\cdot l$$

— căldura cedată de 1 kg de gaz în răcitorul intermediar, la presiunea p_x constantă:

$$q_v=c_p(T_{2_x}-T_{2'_x})=\frac{k}{k-1}R(T_{2_x}-T_{2'_x})=$$

$$=\frac{k}{k-1}p_x(v_{2_x}-v_{2'_x})$$

sau

$$q_r=\frac{k}{k-1}p_1v_1\left[1-\beta^{\frac{k-1}{2k}}\right].$$

Comparînd cu relația lucrului mecanic:

$$q_r=\frac{1}{2}\cdot\frac{k}{n}\cdot\frac{n-1}{k-1}\cdot l.$$

Expresia căldurii cedată de 1 kg de gaz în ansamblul instalației este:

$$q=q_I+q_{II}+q_r=$$

$$=\frac{2(k-n)+k(n-1)}{2n(k-1)}\cdot l \quad [\text{J/kg}].$$

Folosind aceleași notații, prin generalizare, se deduc relațiile necesare în calculele termice ale unui c. cu piston cu y trepte de comprimare, care asigură realizarea unui raport de compresie β:

$$\beta_I=\beta_{II}=\ldots=\beta_y=\beta_i=\beta^{1/y}$$

$$l=y\frac{n}{n-1}p_1\cdot v_1\left[1-\beta^{\frac{n-1}{y\cdot n}}\right] \quad [\text{J/kg}]$$

$$q_I+q_{II}+\ldots+q_y=\frac{k-n}{n(k-1)y}\cdot l \quad [\text{J/kg}]$$

$$q_r=\frac{y-1}{y}\cdot\frac{k}{n}\cdot\frac{n-1}{k-1}\cdot l;$$

$$q=\frac{y(n-1)+k(y-1)(n-1)}{yn(k-1)}\cdot l \quad [\text{J/kg}].$$

Scanned with OKEN Scanner

Diagrama reală de funcţionare a compresorului prezintă deosebiri faţă de cea teoretică, datorită ipotezelor simplificatoare introduse în studiul teoretic al compresorului (fig. C.167). Scăderea de presiune Δp_a, respectiv Δp_r se datorează frecării gazului de pereţii conductelor, schimbării direcţiei de curgere, laminării, pre-

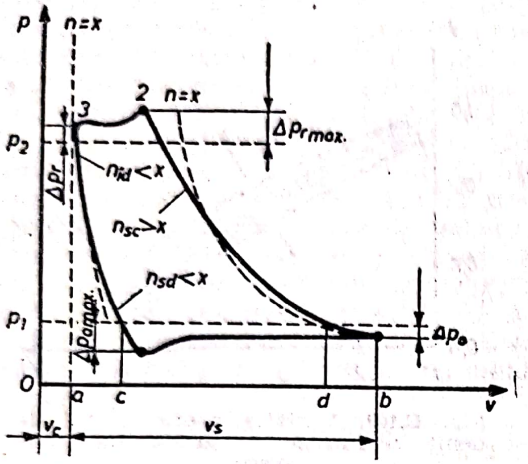


Fig. C.167. Diagrama reală de funcţionare a compresorului cu piston.

cum şi faptului că supapele nu se deschid sau închid instantaneu. Exponentul politropic n este variabil, dar în calculele termice se consideră valoarea medie a acestuia. Neetanşeitatea dintre piston şi cilindru, precum şi neetanşeităţile datorate supapelor duc la o scădere a gradului de umplere şi debitare, astfel că gradul de umplere real este:

$$\mu = \frac{\overline{cd}}{\overline{ab}}.$$

Ca urmare a acestor factori, lucrul mecanic indicat l_i, necesar efectuării unei diagrame reale, este mai mare decît cel reclamat pentru efectuarea ciclului teoretic. Gazele aflate în conducta de aspiraţie la o temperatură T_1, venind în contact cu pereţii calzi ai cilindrului, se încălzesc, astfel că la sfîrşitul cursei de aspiraţie temperatura gazului din cilindru este $T_{1'} > T_1$. Gradul de debitare sau randamentul de debit, care ţine seama de această încălzire este:

$$\lambda = \mu \frac{T_1}{T_{1'}},$$

iar raportul subunitar $\lambda_t = T_1/T_{1'} = \lambda/\mu$ reprezintă gradul de umplere termometric.

Debitul real de gaz refulat, exprimat la presiunea şi temperatura stării de aspiraţie este, pentru un c. cu i cilindrii în paralel, de diametru d, la o cursă a pistonului s şi o turaţie n (rot/min):

$$V_r = \lambda V_s n_u i = \lambda \frac{\pi d^2}{4} s n_r i \quad [\mathrm{m^3/min}].$$

Randamentul izoterm are expresia:

$$\eta_{iz} = \frac{l_{iz}}{l}$$

şi ia în considerare consumul suplimentar de energie pentru efectuarea unui ciclu real.

Puterea teoretică necesară pentru asigurarea unei compresii izoterme a unei cantităţi m de gaz este:

$$P_{iz} = \frac{m l_{iz} n_r}{60} \quad [\mathrm{kW}],$$

iar puterea indicată:

$$P_i = \frac{m l_i n_r}{60} = \frac{m l_{iz} n_r}{60 \eta_{iz}} \quad [\mathrm{kW}].$$

Randamentul mecanic are expresia: $\eta_m = \frac{P_i}{P_e}$, cu valori cuprinse între 85% şi 95% pentru c. de joasă presiune ($\beta \leqslant 10$) şi debite $m < 50$ m³/min. Randamentul economic (total) c. este:

$$\eta_e = \eta_{iz} \cdot \eta_m = \frac{P_{iz}}{P_e}.$$

Rezultă puterea efectivă pentru antrenarea c.:

$$P_e = \frac{P_i}{\eta_m} = \frac{P_{iz}}{\eta_m \eta_{iz}} = l_{iz} \cdot \frac{n_r}{60} \cdot \frac{1}{\eta_m \eta_{iz}} \cdot m \quad [\mathrm{kW}].$$

În condiţii reale de funcţionare, luînd în considerare pierderile datorate laminării gazului în supapele de admisie şi refulare:

$$|l| = |l_{iz}| + \pi_i + \pi_e,$$

din care rezultă randamentul energetic al c.:

$$\eta_{ex} = 1 - \frac{\pi_i + \pi_e}{|l|} = \eta_{iz} - \frac{\pi_i}{|l|}.$$

Faţă de c. volumetrice cu piston, cele volumetrice rotative prezintă următoarele avantaje: construcţie mai simplă, gabarite mai mici, sistem de reglare mai simplu şi, la turaţii mari, un echilibraj mai bun. Dezavantajele acestui tip de c. constau în uzura pronunţată a pieselor în mişcare şi etanşarea greu de realizat la presiuni ridicate. C. rotative se folosesc pentru debite pînă la 300 m³/min şi la presiunea de aspiraţie de 1 bar, asigurînd presiuni de 4—5 bar, cu o singură treaptă de comprimare, sau 8—10 bar, cu două trepte. În fig. C.168 este dată schema compresorului rotativ cu lamele culisante în rotor. Principiul de funcţionare este următorul: la mişcarea de rotaţie a pistonului, lamelele 3 sînt aruncate prin centrifugare

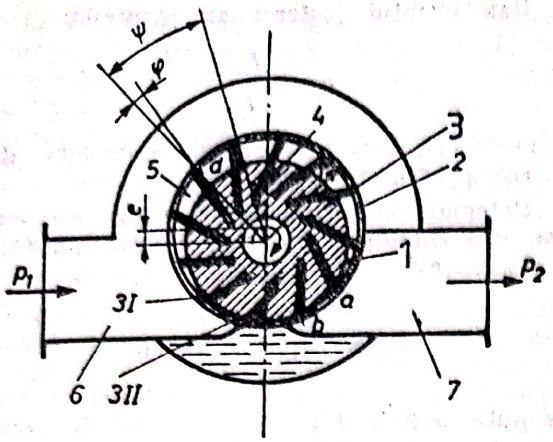


Fig. C.168. Compresor cu piston rotativ cu lamele culisante:
1 — piston rotativ; *2* — piesă cilindrică de aceeaşi lungime cu rotorul; *3* — lamele; *4* — canale în rotor; *5* — cameră de volum variabil; *6* — conductă de aspiraţie; *7* — conductă de refulare.

la periferia statorului astfel, că muchia lor exterioară, urmărind suprafaţa cilindrului de rază *r*, formează camerele *5* mărginite de două lamele consecutive şi de suprafaţa exterioară a rotorului şi de cea interioară a cilindrului statoric. Datorită excentricităţii *e* a pistonului faţă de cilindrul de rază *r* în care se găsesc camerele *5*, acestea au volum variabil. Cînd, de exemplu, lamela *3 I* depăşeşte pragul statoric *a*, camera mărginită de lamelele *3 I* şi *3 II* este pusă în comunicaţie cu conducta de aspiraţie *6* şi, pe măsură ce pistonul se roteşte, volumul camerei crescînd, se desfăşoară faza de aspiraţie. În momentul în care lamela *3 II* atinge pragul *b*, odată cu încetarea aspiraţiei, prin micşorarea volumului camerei, se realizează procesul de comprimare a gazului conţinut în spaţiul acesteia. La depăşirea de către lamela *3 I* a pragului *c*, camera este pusă în legătură cu conducta de refulare *7* şi, micşorîndu-i-se volumul, are loc faza de refulare, care se termină în momentul în care lamela *3 II* atinge pragul *d*. Gazul rămas în cameră la sfîrşitul refulării se destinde de la presiunea p_2 pînă la p_1, pînă cînd lamela *3 I* depăşeşte pragul *a* şi ciclul se reîncepe.

Debitul volumetric de gaz refulat, la presiunea şi temperatura de aspiraţie, este dat de relaţia:

$$V_r = \lambda \cdot k \cdot r \cdot l \cdot e \cdot n_r \quad [m^3/min],$$

unde: *r* este razacilindrului statoric; *l* — lungimea lui; *e* — excentricitatea rotorului; n_r — numărul de rotaţii pe minut; λ — coeficientul de debit şi $k=f(e/r)$ — coeficientul ce se poate determina, cu aproximaţie, din tabelul C.22. Valorile coeficientului de debit corespund zonei haşurate din diagrama reprezentată în fig. C.169.

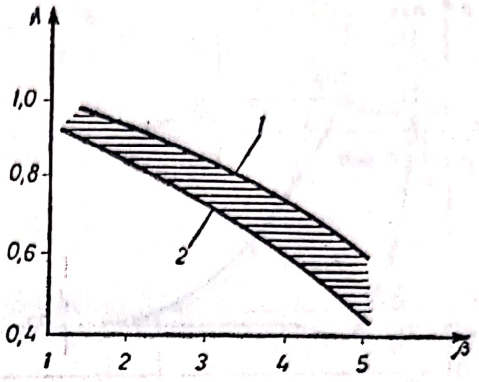


Fig. C.169. Variaţia coeficientului de debit în funcţie de gradul de compresie:
1 — debite mari; *2* — debite mici.

Puterea efectivă necesară pentru antrenarea c. este exprimată de relaţia:

$$P_e = \frac{D_{mr} \cdot l_{iz}}{\eta_e} \quad [kW],$$

unde: l_{iz} [kJ/kg] reprezintă lucrul mecanic teoretic (izoterm) consumat pentru comprimarea unui kilogram de gaz; D_{mr} [kg/s] — debitul masic real de gaz refulat; η_e — randamentul efectiv (fig. C.170).

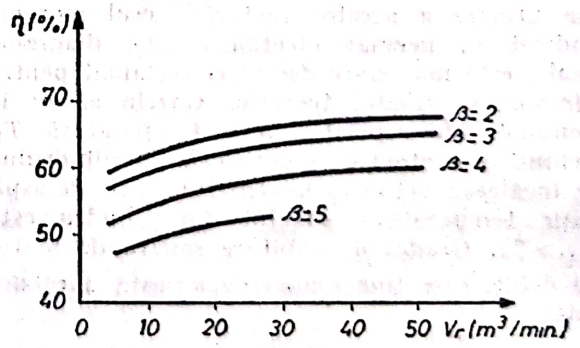


Fig. C.170. Variaţia randamentului efectiv în funcţie de debit şi de gradul de compresie.

Tabelul C.22

Valorile coeficientului $k=f(e/r)$ pentru compresoarele volumetrice rotative

Domeniul de utilizare al compresorului	Debite mici (<5 m³/min)		Debite medii (5–6 m³/min şi p_2=2–3 bar)				Debite mari
Nr. de lamele	2	4	6	8	10	12	12–32
k	9,90	11,90	12,20	12,30	12,40	12,50	12,56

C. rotativ de tip „Roots" conține în interiorul carcasei două elemente rotative ale căror arbori sînt antrenați cu roți dințate din exteriorul carcasei astfel, încît asigură învîrtirea lor sincronizată, în sens invers unul față de celălalt. Între rotoare trebuie să nu existe un joc mai mare de 0,2 mm, condiție care impune alegerea profilelor cu doi sau trei lobi pentru construcția rotoarelor. În fig. C.171 este prezentată schema unui c. „Roots" ale cărui rotoare au profilul format din trei lobi. Carcasa c. este formată din două părți cilindrice de rază r, avînd aceeași lungime l, ca și elementele rotative. În momentul în care unul din lobi depășește cu puțin pragul de refulare, gazul din acesta, avînd presiunea $p_2<p_1$, pătrunde în compartimentul ocupat de gazul aspirat, căruia îi ridică presiunea, teoretic instantaneu, realizînd faza de compresie izocoră *1—2* din ciclul teoretic reprezentat în fig. C.172. Debitul volumetric real al c. „Roots" cu un număr de y lobi este:

$$V_r=y\lambda k(\pi r^2)ln_r \quad [m^3/min],$$

unde coeficientul de debit λ are valori cuprinse între 0,65 și 0,85, iar k — coeficient dependent de profilul rotorului, exprimînd raportul dintre secțiunea transversală a rotorului și secțiunea liberă în care acesta se rotește (πr^2), are valori cuprinse între 0,53 și 0,59, pentru $y=2$ și între 0,49 și 0,527, pentru $y=3$.

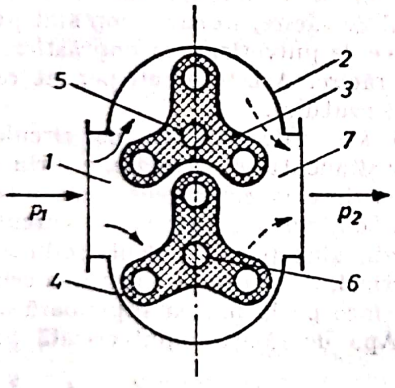


Fig. C.171. Schema unui compresor rotativ de tip Roots avînd rotoarele cu trei lobi: *1* — racord de aspirație; *2* — carcasă; *3*, *4* — rotoare; *5*, *6* — axe motoare; *7* — racord de refulare.

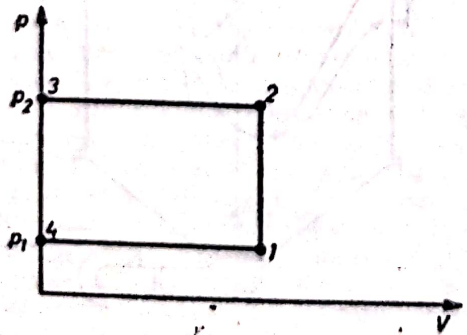


Fig. C.172. Ciclul teoretic al compresorului de tip Roots, în coordonate $p-v$:
4—1=faza de aspirație la presiunea p_1; *2—3*=faza de refulare la presiunea p_2.

Puterea efectivă necesară pentru antrenarea acestui tip de c. este:

$$P_r=\frac{V_r(p_1-p_2)}{60\eta_m} \quad [kW],$$

unde diferența de presiune este exprimată în kN/m^2, iar randamentul mecanic η_m are valori cuprinse între 87% și 94%.

CONDENSARE. Proces termic (exoterm), izobar-izoterm, prin care vaporii saturați ai unui lichid trec în stare lichidă.

C. nu se poate produce decît dacă presiunea vaporilor devine egală cu presiunea de saturație corespunzătoare temperaturii la care se găsesc vaporii. Temperatura vaporilor rezultanți și a lichidului produs prin c. rămîne neschimbată în timpul c., dacă presiunea este constantă.

Relația dintre mărimile de stare ale vaporilor saturați este dată de relația Clausius-Clapeyron:

$$\frac{dp}{dT}=\frac{r}{(v''-v')T},$$

în care: p este presiunea; T — temperatura la care se produce c.; r — căldura latentă de vaporizare (respectiv de condensare); v'' — volumul specific al vaporilor saturați; v' — volumul specific al lichidului în stare de saturație. Deoarece partea a II-a a ecuației nu poate fi decît pozitivă în cazul c., rezultă că $dp/dT<0$, adică presiunea și temperatura variază în același sens; pentru o anumită presiune, temperatura de c. depinde de natura vaporilor ce condensează.

În practică, temperatura condensatului este mai joasă decît temperatura vaporilor ce condensează, iar la limita de separație a fazelor, aburul e suprasaturat. Pentru ca c. să se producă, este necesară existența unor *centre de c.* În lipsa acestor centre, prin cedarea de căldură, vaporii se subrăcesc, c. producîndu-se brusc, cînd dintr-un motiv oarecare se dă vaporilor posibilitatea de a ieși din starea labilă în care se găsesc. În condiții practice, există, însă, totdeauna centre de c. (globule de gaz, fire de praf, asperități ale suprafețelor etc.). Energia provenită din tensiunea superficială a picăturilor de lichid produse prin c. crește cu dimensiunile picăturilor și depinde de proprietățile fizice ale lichidului. Creșterea unei picături formate în jurul unui nucleu de condensare este posibilă, numai dacă se dispune de energie suficientă pentru învingerea forțelor provocate de tensiunea superficială, care se opune creșterii dimensiunilor picăturii. Această energie este preluată de la vaporii învecinați care, cedînd din căldura pe care o conțin, se

subrăcesc și, ca urmare, se condensează. Stabilitatea picăturii de condensat formate crește cu raza de curbură a suprafeței de separație. Condiția de stabilitate a picăturilor de condensat este dată de relația Kelvin-Helmholtz:

$$\ln \frac{p_p}{p_\infty} = \frac{2 \cdot \tau}{R \cdot T \cdot \rho_l \cdot q};$$

în care: p_p este presiunea de echilibru a vaporilor la suprafața de separație a picăturii; p_∞ — presiunea de echilibru a vaporilor la suprafața de separație a lichidului; R — constanta generală a vaporilor ce condensează; T — temperatura la care se produce c.; ρ_l — densitatea lichidului produs prin c.; τ — tensiunea superficială a lichidului; q — raza de curbură a suprafeței.

Dacă presiunea p_p la suprafața unei picături cu raza q este mai mică decît presiunea p_∞, condiția de stabilitate nu este îndeplinită și picătura se vaporizează.

După caracterul depunerii condensatului pe suprafață, se deosebesc: **c.** peliculară și **c.** cu picături.

În **c. peliculară**, condensatul se depune pe suprafața rece sub formă de peliculă continuă, interpunîndu-se între vaporii ce condensează și suprafața de răcire și înrăutățește transmiterea căldurii de la vapori la peretele rece. **C.** pe suprafețe curate a vaporilor puri, proveniți din lichide care aderă la suprafață, are loc pelicular.

C. cu picături reprezintă un caz accidental, instabil și caracteristic fazei inițiale a procesului. În cursul ei, condensatul se depune sub formă de picături pe suprafața pe care se produce **c.**, vaporii putînd veni în contact direct cu suprafața, ceea ce permite realizarea unor bune condiții de schimb de căldură. **C.** cu picături se produce numai pe pereții fără aderență (lucioși, cromați etc.), în cazul existenței unor substanțe străine de vapori (ulei, acizi grași etc.), sau în cazul substanțelor ce nu udă suprafața (mercur). **C.** cu picături nu se produce cînd viteza vaporilor este mai mare de 10 m/s în direcția de curgere a condensului, deoarece depășirea acestei viteze duce la deplasarea și unirea picăturilor în peliculă.

În instalațiile industriale se întîlnește un regim mixt, predominînd regimul pelicular, din care motiv în calcule se consideră numai regimul pelicular.

CONDENSAT. Fază lichidă, obținută prin condensarea vaporilor unui lichid.

CONDENSATOR. Aparat sau recipient pentru condensarea unei mase de vapori, cu ajutorul unui agent de răcire, fie pentru a recupera (parțial sau total) lichidul din care provin vaporii, fie pentru a elimina anumiți componenți volatili. Datorită transferului de căldură de la vapori la agentul de răcire, ultimul preia căldura latentă de condensare, ceea ce provoacă condensarea vaporilor.

Agentul de răcire folosit este, în general, apa; se mai utilizează saramura (soluție de clorură de sodiu sau clorură de calciu), aer ventilat, aer lichid, gheață uscată, lichide frigorigene etc.

După *presiunea la care se produce condensarea vaporilor*, se disting următoarele tipuri de **c.**: atmosferice, cu suprapresiune și sub vid.

La **c. atmosferic**, condensarea vaporilor se face la presiune atmosferică.

La **c. cu suprapresiune**, condensarea vaporilor are loc la presiuni mai mari decît presiunea atmosferică.

La **c. sub vid**, condensarea vaporilor se face la o presiune inferioară celei atmosferice.

După *modul de transmitere a căldurii* de la vapori la agentul de răcire, se deosebesc: **c.** prin amestec și **c.** de suprafață.

La **c. prin amestec**, vaporii se condensează direct cu agentul de răcire. În principiu, **c.** prin amestec constă dintr-un recipient în care se introduc simultan, în același spațiu, vaporii și agentul de răcire. Pentru ca instalația să fie cît mai compactă este necesară realizarea unei suprafețe cît mai mari de contact între vapori și agentul de răcire, în care scop sînt prevăzute dispozitive de pulverizare și împrăștiere a agentului de răcire. Aceste **c.** nu permit recuperarea condensatului.

După sensurile relative de circulație ale vaporilor și agentului de răcire, **c.** prin amestec se clasifică în **c.** cu echicurent și **c.** contracurent.

În **c. cu echicurent**, curenții celor două medii sînt paraleli, deplasîndu-se în general vertical, de sus în jos. Intrarea celor două medii se face pe la partea superioară a **c.** (fig. C.173). Apa de răcire e pulverizată prin aju-

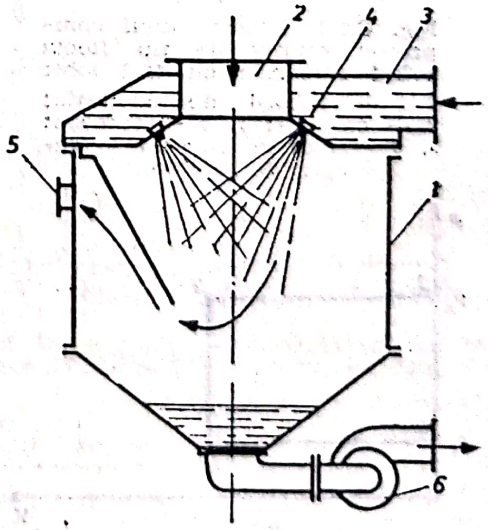


Fig. C.173. Condensator cu echicurent: 1 — corp; 2 — racord pentru intrarea aburului; 3 — racord pentru intrarea apei de răcire; 4 — ajutaj; 5 — racord pentru aspirația aerului; 6 — pompă de evacuare a lichidului.

taje. Evacuarea condensatului și agentului de răcire se face cu ajutorul unei pompe. La c. cu echicurent, consumul de energie pentru transportul și evacuarea agentului de răcire și a gazelor necondensabile este mai mare decît la c. cu contracurent, deoarece la primele, diferența dintre temperatura la ieșirea vaporilor și a apei de răcire este de 5—6° față de 1—3° la cele cu contracurent, ceea ce reclamă un debit mare al apei de răcire.

La c. cu contracurent, curenții celor două medii circulă în sensuri contrare, agentul de răcire intrînd pe la partea superioară, iar vaporii, pe la partea inferioară. Apa de răcire e pulverizată prin ajutaje sau este împrăștiată, curgînd în cascadă pe talere montate în corpul c. (fig. C.174).

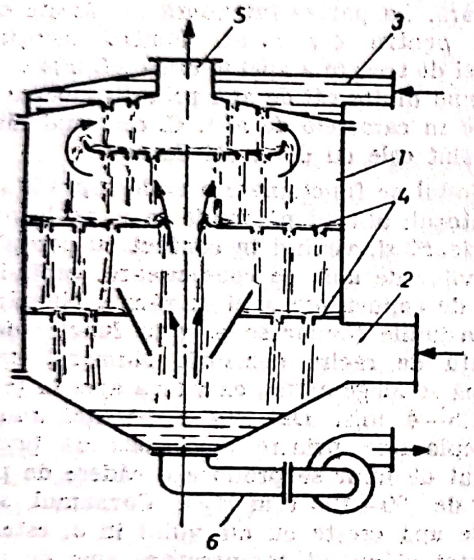


Fig. C.174. Condensator cu contracurent: *1* — corp; *2* — racord pentru intrarea aburului; *3* — racord pentru intrarea apei de răcire; *4* — talere; *5* — racord pentru aspirația aerului; *6* — racord pentru evacuarea condensatului și a apei de răcire.

Din punctul de vedere al modului de evacuare a gazelor necondensabile din interior, c. prin amestec se clasifică în: c. umede și c. uscate.

C. umed se caracterizează prin faptul că gazele necondensabile se evacuează prin spațiul de abur odată cu condensatul și apa de răcire, cu ajutorul unei pompe de vid pentru aer, care este, în general, un ejector cu apă (fig. C.175). Din această categorie de c. face parte c. cu jet de apă (fig. C.176), la care agentul de răcire (apa) se introduce în spațiul de abur sub presiune. Apa de răcire introdusă la o presiune de cîțiva bar, prin destindere în unul sau mai multe ajutaje, își mărește viteza. În aceste condiții, vaporii sînt aspirați și condensați în urma contactului direct cu apa de răcire, iar gazele necondensabile sînt antrenate și evacuate în exterior odată cu amestecul condensat al apei de răcire.

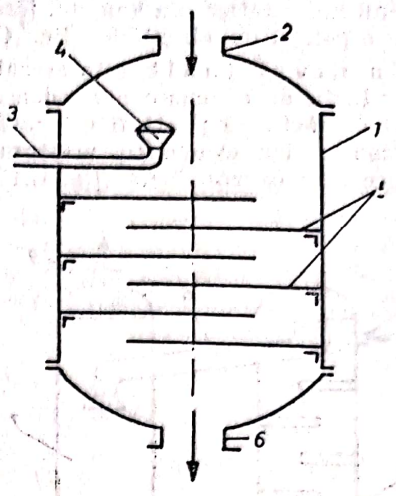


Fig. C.175. Condensator umed: *1* — corp; *2* — racord pentru intrarea aburului; *3* — racord pentru intrarea apei de răcire; *4* — duze de stropire; *5* — talere; *6* — racord de evacuare.

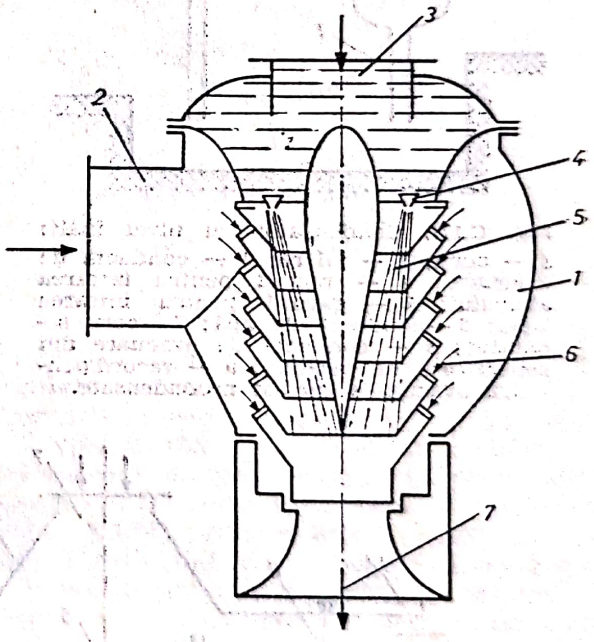


Fig. C.176. Condensator cu jet de apă: *1* — corp; *2* — racord pentru intrarea aburului; *3* — racord pentru intrarea apei; *4* — ajutaje; *5* — jet de apă; *6* — abur aspirat; *7* — difuzor.

C. uscat se caracterizează prin faptul că atît condensatul cît și apa de răcire se colectează la partea inferioară și se evacuează printr-o pompă (de lichid), iar aerul (și alte gaze necondensabile) se aspiră la partea superioară de către o pompă de vid (v. fig. C.173 și C.174).

Din punctul de vedere al nivelului la care este amplasat corpul c. prin amestec, c. pot fi cu nivel jos și c. cu nivel înalt.

La c. cu nivel jos, circulația apei de răcire se face datorită depresiunii din c.

și presiunii hidrostatice din amonte, fără a mai necesita o pompă de circulație (fig. C.173).

C. cu nivel înalt este așezat astfel, încît conducta de evacuare a condensatorului și a apei de răcire să poată fi utilizată ca zăvor hidraulic, iar evacuarea acestora să se poată face prin cădere liberă (fig. C.177).

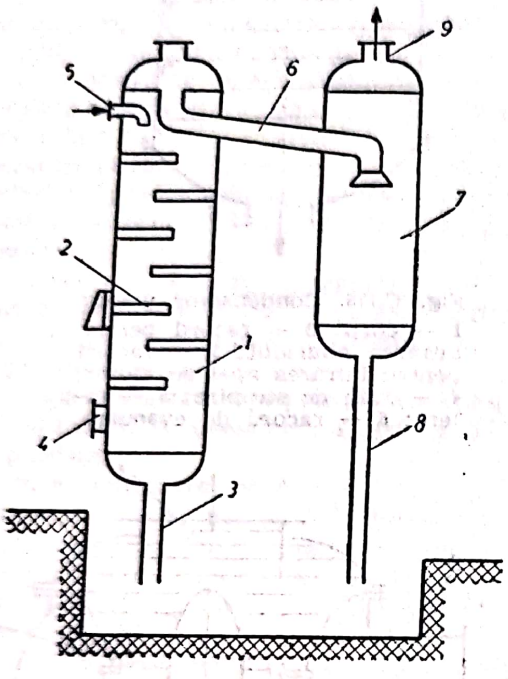


Fig. C.177. Condensator cu nivel înalt: *1* — corp; *2* — talere; *3* — conductă de evacuare; *4* — racord pentru intrarea aburului; *5* — racord pentru intrarea apei; *6* — conductă de apă; *7* — corp separator; *8* — conductă de evacuare din separatorul de picături; *9* — racord pentru evacuarea gazelor necondensate.

C. de suprafață este c. la care transferul de căldură de la vapori la agentul de răcire se face indirect prin suprafața de separație dintre cei doi agenți. În general, suprafața de separație este constituită din țevi metalice și rareori din plăci, iar ca agent de răcire se folosește apa sau aerul. Vaporii circulă, de obicei, prin spațiul intertubular, iar agentul de cărire, prin țevi.

C. cu răcire cu apă (fig. C.178) este constituit dintr-un corp metalic (cilindric sau oval), la capetele căruia sînt montate camerele de apă (capacele). În corpul c. sînt fasciculele de țevi de răcire, fixate la capete în cîte o placă tubulară. Distribuția țevilor în secțiunea transversală a c. depinde de tipul construcției. Introducerea aburului se face pe la partea superioară. La partea inferioară se găsește colectorul pentru condensat. Pentru menținerea vitezei de trecere a apei la circa 2,5 m/s se folosesc mai multe căi de apă prin dispunerea unor șicane în camerele de apă. C. cele mai răspîndite sînt cele cu două căi de apă.

Modul de funcționare a c. de suprafață este următorul: aburul pătrunde în c. pe la partea superioară și, venind în contact cu pereții reci ai țevilor de apă, se condensează, cedînd căldura de condensare apei de răcire. Numărul și dimensiunile țevilor se aleg în funcție de suprafața de răcire necesară. Numărul de căi de apă se alege astfel, ca viteza apei în țevi să fie 2,5—4 m/s. Datorită rezistenței aburului la deplasarea printre fasciculele de țevi, în spațiul de abur se produce o cădere de presiune de 50—100 mm H_2O. Consumul specific de apă crește cu cît vidul în c. este mai înaintat și cu cît temperatura apei de răcire este mai înaltă. Cantitatea de gaze necon-

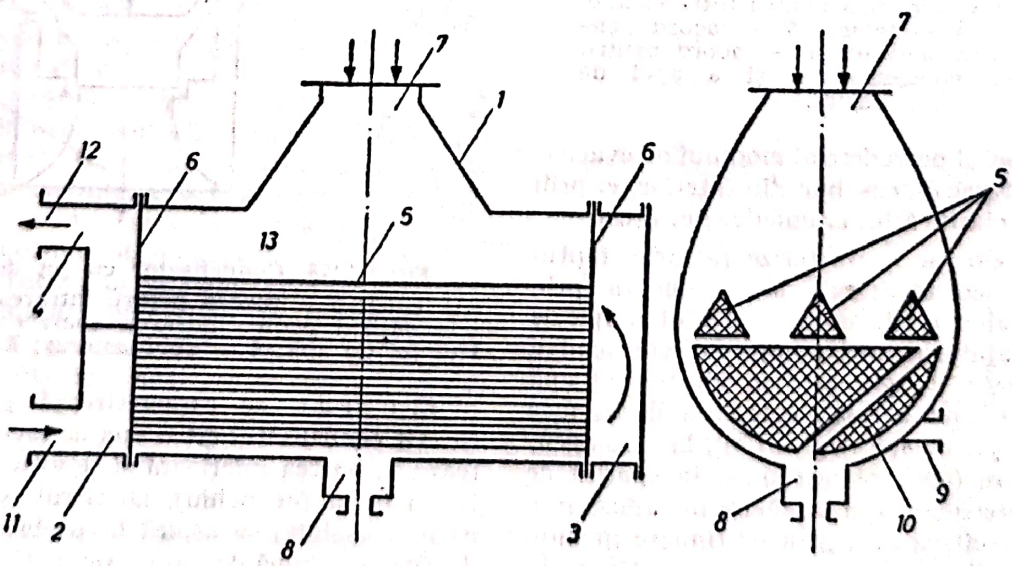


Fig. C.178. Condensator cu curent de abur descendent: *1* — corp; *2* — cameră de intrare a apei; *3* — cameră de întoarcere a apei; *4* — cameră de ieșire a apei; *5* — țevi pentru răcirea apei; *6* — placă tubulară; *7* — racord pentru intrarea aburului; *8* — colector de condensat; *9* — racord pentru evacuarea gazelor necondensate; *10* — răcitor de gaze necondensabile; *11* — racord pentru intrarea apei; *12* — racord pentru ieșirea apei; *13* — spații de abur.

Scanned with OKEN Scanner

densabile depinde de conținutul de gaze din vapori. Eficacitatea c. și condițiile de funcționare ale lor se apreciază după sarcina termică specifică a acestora, care reprezintă cantitatea de vapori condensați pe oră și pe metru pătrat de suprafață de răcire. Deși c. de suprafață sînt mai costisitoare, mai complicate, iar consumul de apă de răcire și de energie pentru acționarea pompelor este mai mare decît la c. prin amestec, totuși ele sînt foarte larg folosite, deoarece permit recuperarea integrală a condensatului în stare pură.

C. de suprafață pentru turbine cu abur trebuie să îndeplinească următoarele condiții: posibilități de condensare a unor debite de abur mari; posibilitatea menținerii unui vid cît mai înaintat; reducerea la minimum a căderii de presiune; reducerea la minimum a subrăcirii condensatului, a debitului apei de răcire și a puterii necesare pentru acționarea pompelor. Cantitatea de aer ce trebuie evacuat pe oră din c. unei turbine cu abur se determină cu formule empirice.

După modul de distribuire a țevilor de răcire și după sensul de circulație al aburului, c. de suprafață folosite la turbine pot fi cu curent de abur descendent (lateral sau central) și cu curent de abur ascendent.

La c. *cu curent de abur descendent* (fig. C.178), aburul pătrunde în fasciculul de țevi de răcire pe la partea superioară, iar aerul este aspirat pe la partea inferioară a corpului. Datorită numărului mare de țevi, are o rezistență hidraulică mare în spațiul de abur, de unde rezultă cădere de presiune mare, care poate fi de peste 100 mm H_2O, ceea ce conduce la micșorarea randamentului instalației și la creșterea consumului de energie al pompei de vid. Din cauza repartiției neuniforme a aburului în spațiul intertubular și a acoperirii țevilor inferioare cu o peliculă groasă de condensat, sarcina termică a acestui tip de c. este mică, provocînd totodată și o subrăcire importantă a condensatului. Aburul care intră în c. cu viteză relativ mare izbește în țevile plasate la partea superioară a fasciculului, provocînd erodarea acestora. Din cauza acestor dezavantaje, acest tip de c. este folosit rar, numai la instalațiile de putere mică și medie.

La c. *cu curent de abur lateral*, țevile de răcire sînt grupate în două fascicule simetrice, lăsînd liberă zona centrală a c.; colectoarele de aspirație a aerului sînt plasate lateral (fig. C.179). Aburul introdus pe la partea superioară a corpului trece prin zona centrală și se ramifică, străbătînd fasciculele de țevi în sens lateral spre colectoarele de aspirație a aerului. Drumul aburului prin spațiul intertubular este scurt, astfel că rezistența la curgerea aburului, respectiv căderea de presiune sînt relativ mici. Accesul direct al aburului în partea inferioară a c. împiedică subrăcirea condensatului, deoarece condensatul, care se scurge din ultimele șiruri de țevi spre colectorul de condensat, trece printr-un curent de abur. Sensul de curgere al aburului fiind perpendicular pe sensul de curgere al condensatului, pelicula de condensat depusă pe țevile de răcire este subțire. Aburul fiind inițial dirijat în spațiul liber din zona centrală, coroziunea țevilor este redusă. Avantajele acestui tip de c. sînt: mărirea randamentului instalațiilor, reducerea consumului de energie al pompei de vid, suprafața de răcire mai mică decît la alte tipuri de c. Se folosește în instalațiile de puteri mari și foarte mari.

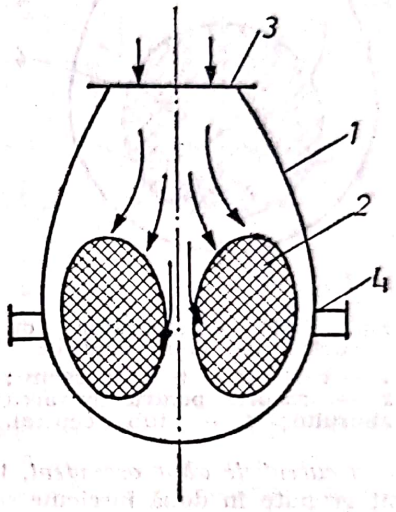


Fig. C.179. Condensator cu curent de abur lateral:
1 — corp; *2* — țevi de răcire; *3* — racord pentru intrarea aburului; *4* — racord pentru ieșirea gazelor necondensabile.

La c. *cu curent de abur central*, țevile sînt montate în corpul cilindric, lăsînd un spațiu liber atît în partea centrală, cît și între țevi și corpul c. (fig. C.180). Aburul introdus se repartizează în jurul țevilor, străbătînd apoi spațiul intertubular în direcție radială spre zona centrală, care constituie colectorul de aer. Traseul aburului în spațiul intertubular este scurt, astfel încît rezistența hidraulică, respectiv căderea de presiune sînt relativ mici. Secțiunea liberă de trecere a aburului printre țevi se reduce de la periferie spre centru, ceea ce corespunde micșorării volumului ce condensează, pe măsura apropierii de centrul c. Din această cauză, viteza aburului prin țevi rămîne destul de mare chiar și în zona centrală, ceea ce influențează favorabil valoarea coeficientului de transfer de căldură. Accesul direct al aburului în partea inferioară a acestui c. împiedică subrăcirea condensatului. Datorită sensului de curgere al aburului prin țevi, pelicula de condensat pe țevile inferioare este subțire, ceea ce permite mărirea sarcinii termice a c. Aburul fiind dirijat în spațiul liber dintre țevi și corp, eroziunea țevilor este practic imposibilă. C. cu curent de abur central prezintă,

Scanned with OKEN Scanner

în general, aceleaşi avantaje ca şi c. cu curent lateral, avînd însă o construcţie mai compactă. Sînt utilizate, în special, în instalaţiile moderne de turbine de abur, cu puteri mari şi foarte mari.

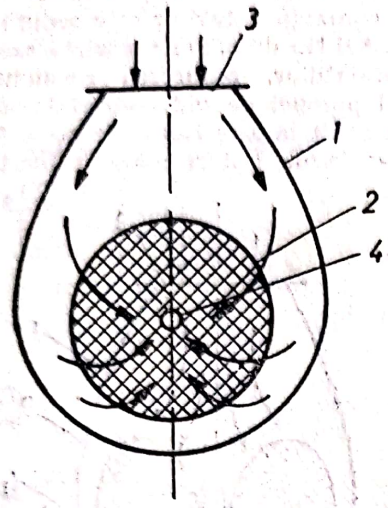


Fig. C.180. Condensator cu curent de abur central:
1 — corp; *2* — ţevi de răcire; *3* — racord pentru intrarea aburului; *4* — tub central.

La c. *cu curent de abur ascendent*, ţevile de răcire sînt grupate în două fascicule simetrice, lăsînd liberă o zonă centrală. Această zonă este despărţită de fasciculele de ţevi prin pereţi deflectori din tablă de oţel, ce dirijează aburul spre partea inferioară a corpului. Colectoarele de aer sînt aşezate lateral, deasupra fiecărui fascicul de ţevi (fig. C.181). Aburul introdus străbate zona centrală, ramificîndu-se apoi în doi curenţi care, trecînd prin fasciculele de

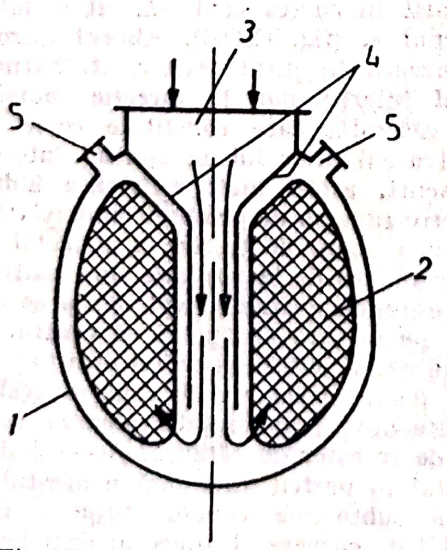


Fig. C.181. Condensator cu curent de abur ascendent:
1 — corp; *2* — ţevi de răcire; *3* — racord pentru intrarea aburului; *4* — perete deflector; *5* — racord pentru ieşirea gazelor necondensabile.

ţevi, se ridică spre racordurile de aspiraţie a aerului. Deplasarea în contracurent a aburului şi condensului asigură încălzirea maximă posibilă a c. Eroziunea ţevilor de răcire nu este posibilă. La aceste c., subrăcirea condensatului este inexistentă, deoarece acesta, în drumul său, este încălzit de curentul de abur ce-l străbate. Principiile constructive ale c. cu curent ascendent de abur implică, însă, atît creşterea dimensiunilor acestora, cît şi mărirea rezistenţei hidraulice în spaţiul de abur. Din cauza acestor dezavantaje, acest tip de c. este rar folosit.

C. cu evaporare este un c. de suprafaţă tubular în care condensarea vaporilor se produce în interiorul ţevilor, iar răcirea se face prin evaporarea apei cu care sînt stropite ţevile în exterior, cum şi prin curentul de aer care circulă printre ţevi (fig. C.182). Apa de răcire, căzînd sub formă de ploaie pe ţevi, preia căldura de condensare. Apa este răcită de aerul care circulă printre ţevile c. (ca la turnurile de răcire). Circulaţia aerului, care serveşte atît la răcirea apei, cît şi la îndepărtarea vaporilor formaţi pe suprafaţa exterioară a c., poate fi naturală sau forţată (cu ajutorul ventilatoarelor).

După tipul c., condensatul şi gazele necondensabile pot fi evacuate fie în comun, fie separat.

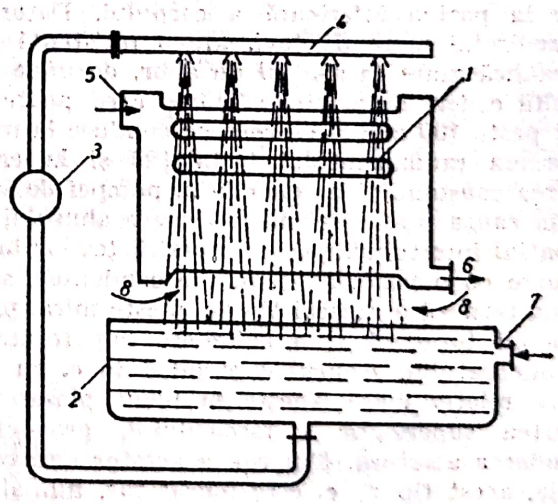


Fig. C.182. Condensator cu evaporare:
1 — condensator propriu-zis; *2* — bazin colector; *3* — pompă de circulaţie; *4* — ţeavă de stropire; *5* — racord pentru intrarea vaporilor; *6* — racord pentru ieşirea condensatului; *7* — racord pentru intrarea apei de răcire; *8* — curent de aer.

Datorită valorilor mici ale coeficienţilor de transfer al căldurii, suprafeţele de răcire sînt foarte mari, iar c. trebuie aşezate în aer liber, ceea ce reclamă conducte lungi de abur şi de condensat, de unde rezultă o cădere de presiune mare în spaţiul de abur al c. şi o etanşeitate redusă. Funcţionarea acestor c. este influenţată în mare măsură de condiţiile atmosferice astfel, încît nu se poate menţine constant

Scanned with OKEN Scanner

vidul. Din cauza acestor dezavantaje, c. cu evaporare este relativ puțin folosit, numai în instalațiile secundare.

C. înecat este un c. de suprafață tubular la care fasciculul de țevi este cufundat în agentul de răcire, vaporii circulînd spre interiorul țevilor. Pentru reducerea suprafeței de răcire, se folosesc în general țevi nervurate în exterior. Din cauza sarcinilor termice mici, a greutății mari și a dificultății de exploatare, aceste c. sînt folosite numai în instalațiile mici din industria chimică sau industria alimentară.

C. regenerativ este un c. de suprafață în care condensatul subrăcit, înainte de a ajunge la colectorul de condensat, trece printr-un curent de abur pe care-l reîncălzește pînă la temperatura de saturație corespunzătoare presiunii din c. Condensatul reîncălzit, fiind introdus în instalația de preîncălzire a apei de alimentare sau în cazanul de abur, contribuie la reducerea consumului de combustibil, respectiv la mărirea randamentului instalației.

Din această categorie fac parte c. cu curent ascendent, cu curent lateral sau cu curent central de abur. C. regenerative se folosesc în instalațiile moderne de mare randament.

CONDIȚIONAREA AERULUI. Tratare a aerului din incinte de locuit sau industriale, în scopul menținerii parametrilor de stare ai aerului interior (temperatură, umiditate), a purității și vitezei de deplasare a acestuia la valori determinate de natura incintei, independent de condițiile meteorologice exterioare.

C.a. este însoțită de evacuarea totală sau parțială a aerului din incintă și înlocuirea acestuia cu aer tratat corespunzător. Se aplică la încăperi de locuit, săli de spectacole, mijloace de transport în comun pentru a asigura condițiile de confort, la încăperi industriale în care desfășurarea procesului tehnologic impune anumite condiții de temperatură și umiditate sau la care este necesară evacuarea nocivităților (gaze, praf, scame etc.). Prin instalație de **c.a.** se înțelege o instalație de preparare a aerului condiționat. Instalațiile de condiționare pot fi locale sau centralizate. Instalația de condiționare este constituită din următoarele elemente: o priză de aer proaspăt, o baterie de condiționare, ventilatoare de aer, o rețea de canale pentru distribuția aerului proaspăt (cu guri de refulare), o rețea de canale pentru evacuarea aerului din incintă (cu guri de absorbție), aparate de măsură, control și automatizare.

Priza de aer proaspăt se amplasează într-o zonă cu aer curat, la o oarecare înălțime, pentru a evita aspirarea impurităților sau acoperirea ei cu zăpadă. Deschiderile pentru aer proaspăt sînt echipate cu jaluzele pentru împiedicarea pătrunderii precipitațiilor atmosferice.

Bateria de condiționare este compusă din: camere de amestec, baterii de preîncălzire și de reîncălzire a aerului, baterie de răcire a aerului, instalație frigorifică, cameră de umidificare, separatoare de picături și filtre de aer. Această componență nu este obligatorie, întîlnindu-se diverse componențe ale bateriilor de climatizare.

Ventilatoarele de aer, care sînt ventilatoare centrifuge sau axiale, pot fi înglobate bateriei de climatizare sau pot fi separate de aceasta.

Rețelele de canale pentru distribuția și evacuarea aerului sînt constituite din canalele de distribuție, piesele de racord și gurile de refulare, respectiv absorbție, prevăzute cu jaluzele (clape de reglare). O distribuție-evacuare a aerului corespunzătoare trebuie să îndeplinească următoarele condiții: să asigure stabilitatea hidraulică ridicată a rețelei (repartiția debitelor de aer pe diferitele încăperi să fie puțin influențată de condițiile externe), să nu producă curenți de aer în încăperile climatizate și să nu producă zgomote sau să permită transmiterea acestora.

Aparatele de măsură, control și automatizare asigură urmărirea principalilor parametrii ai aerului (temperatură, umiditate, presiune) și

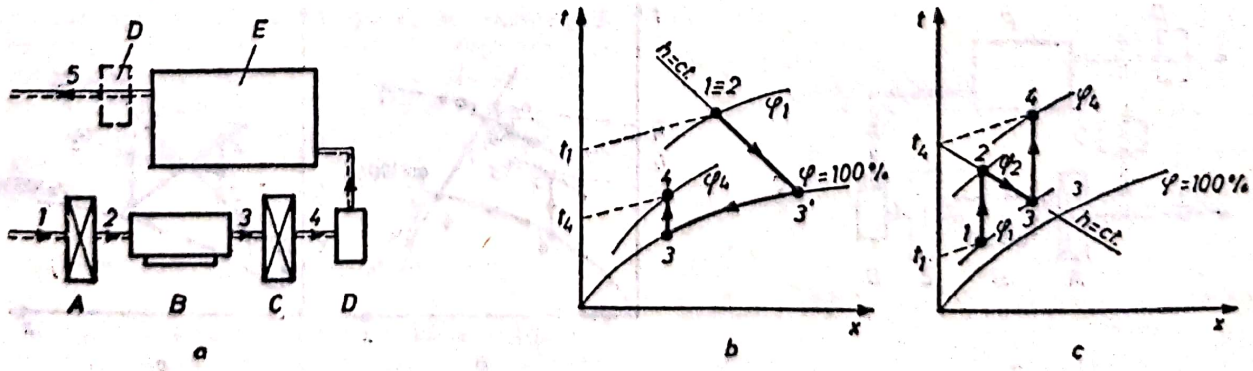


Fig. C.183. Instalație de condiționare deschisă simplă:
a — schema principială; *A*, *C* — încălzitoare de aer; *B* — cameră de umidificare; *D* — ventilator; *E* — incintă condiționată; *b* — procesul de condiționare în timpul verii; *c* — procesul de condiționare în timpul iernii (notațiile *1*...*5* se referă la stările aerului în diferitele puncte ale instalației).

Scanned with OKEN Scanner

menținerea acestora în limite impuse de condițiile locale.

Instalațiile de condiționare pot fi: deschise simple (fig. C.183), deschise cu reutilizarea căldurii aerului evacuat (fig. C.184) și cu recircularea unei părți din aerul evacuat (fig. C.185 și C.186).

Funcționarea instalațiilor de c.a. se urmărește pe diagrama h-x a aerului. Condițiile de funcționare diferă în funcție de anotimp. Func-

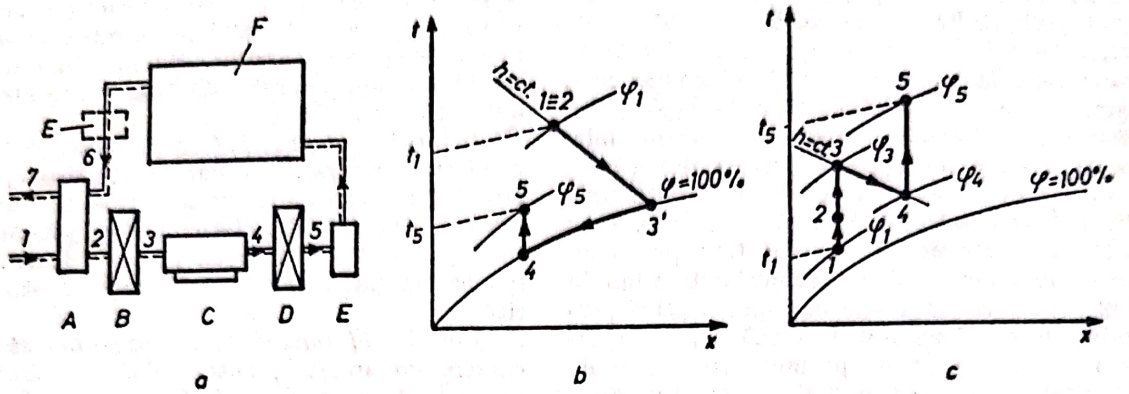


Fig. C.184. Instalație de condiționare deschisă cu utilizarea căldurii aerului evacuat:
a — schema principială; *A* — schimbător de căldură recuperativ sau regenerativ; *B*, *D* — încălzitoare de aer; *E* — ventilator de aer; *F* — incintă condiționată; *b* — procesul de condiționare în timpul verii; *c* — procesul de condiționare în timpul iernii (notațiile *1*...*5* se referă la stările aerului în diversele puncte ale instalației).

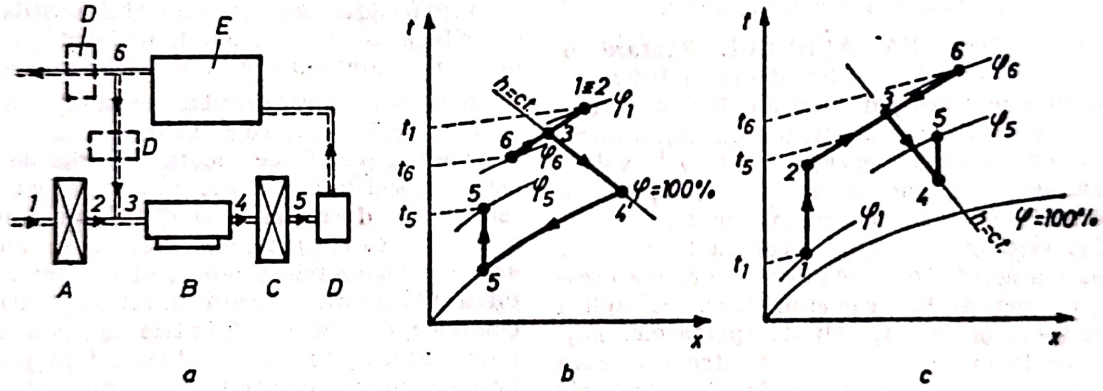


Fig. C.185. Instalație de condiționare a aerului cu recirculare și preîncălzire a aerului proaspăt:
a — schema principială; *A*, *C* — încălzitoare de aer; *B* — cameră de umidificare; *D* — ventilator de aer; *E* — incintă condiționată; *b* — procesul de condiționare în timpul verii; *c* — procesul de condiționare în timpul iernii (notațiile *1*...*6* se referă la stările aerului în diferite puncte ale instalației).

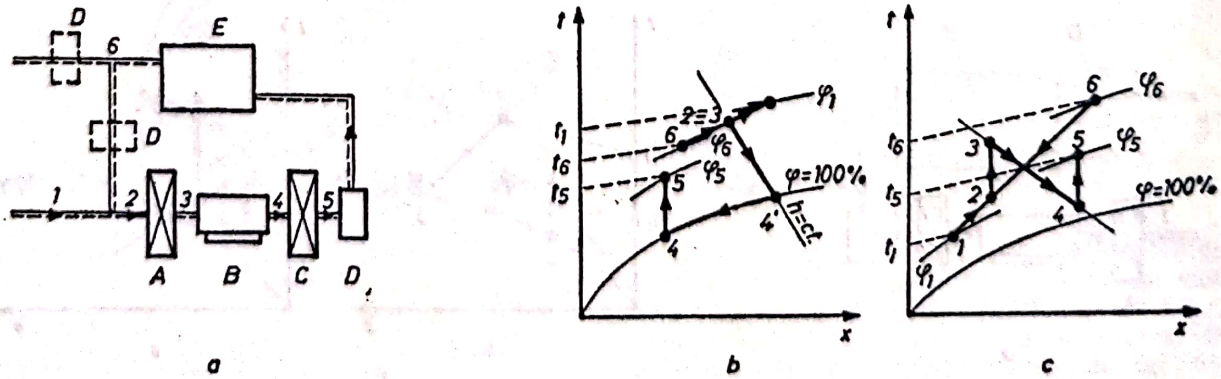


Fig. C.186. Instalație de condiționare a aerului cu recirculare și preîncălzire a aerului amestecat:
a — schema principială (notațiile *A*...*E* sînt identice cu cele din figura C.185) *b* — procesul de condiționare în timpul verii; *c* — procesul de condiționare în timpul iernii (notațiile *1*...*6* se referă la stările aerului în diferite puncte ale instalației).

ţionarea în regim de vară comportă răcirea (în general, prin pulverizarea de apă rece) şi uscarea aerului (prin încălzirea acestuia). La funcţionarea în regim de iarnă este necesară încălzirea aerului în două trepte şi umidificarea acestuia.

Instalaţiile de condiţionare locale cuprind numai bateria de condiţionare, lipsind reţelele

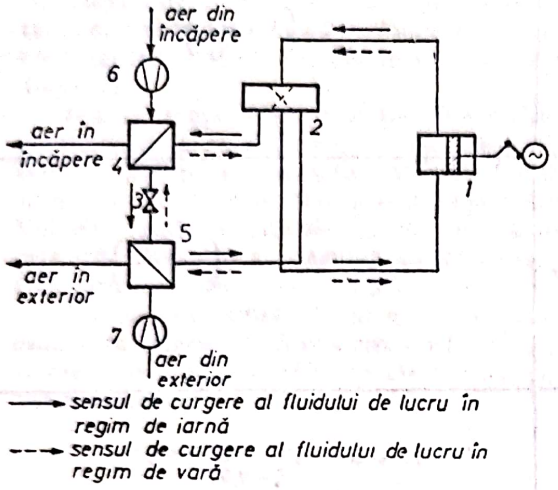


Fig. C.187. Instalaţie de condiţionare cu pompă de căldură:

1 — compresor; *2* — ventil inversor; *3* — ventil de laminare; *4* — schimbător de căldură al agentului de lucru — aer interior, cu dublu rol (condensator iarna şi vaporizator vara); *5* — schimbător de căldură al agentului de lucru — aer exterior, cu dublu rol (vaporizator iarna şi condensator vara); *6* — ventilator de aer interior; *7* — ventilator de aer exterior.

de distribuţie şi evacuare a aerului. Instalaţia de condiţionare locală poate avea şi o pompă de căldură (fig. C.187), cuprinsă într-o construcţie compactă, care poate fi montată cu uşurinţă în interiorul unei încăperi.

CONDUCTĂ. Piesă tubulară, fabricată din metal, beton, bazalt, material plastic, lemn etc., folosită pentru transportul unor fluide sau al unor materiale pulverulente, pe un traseu determinat.

Transportul lichidelor în c. se efectuează prin gravitaţie (cînd există o diferenţă de nivel suficientă între punctul de plecare şi cel de sosire al lichidului) sau prin pompare.

Calculul hidrodinamic al c. în care curgerea se realizează prin gravitaţie se bazează pe relaţiile:

$$p=p_s+\frac{\rho w^2}{2}+g\rho\Sigma h \text{ şi } \dot{m}=S\cdot w,$$

în care: p este presiunea la baza conductei; p_s — presiunea statică necesară la capătul conductei; ρ — densitatea lichidului; w — viteza lichidului în conductă; Σh — suma pierderilor de sarcină locală pe conducte; $\dot{m}$ — debitul volumic; S — secţiunea conductei.

Calculul hidrodinamic al c. în care curgerea lichidului se realizează prin pompare se efectuează cu ajutorul diagramelor de calcul economic, care conţin variaţiile costului conductei şi ale costului energiei de pompare, în funcţie de diametrul c. şi de debitul de fluid refulat.

Pierderile hidraulice în c. se împart în două grupe: pierderi longitudinale şi pierderi locale.

Pierderile longitudinale (Δp_{long}) se datoresc frecării fluidului de pereţii c. Determinarea pierderilor longitudinale pentru c. cu secţiunea circulară se efectuează prin relaţia:

$$\Delta p_{long}=\lambda\cdot\frac{l}{d}\cdot\frac{w^2}{2}\rho,$$

în care: l este lungimea c.; d — diametrul interior al c.; w — viteza lichidului în c.; λ — coeficientul de pierdere hidraulică datorată frecării.

Pentru regimul laminar de curgere, coeficientul λ se calculează cu ajutorul numărului Reynolds:

$$\lambda=\frac{64}{\mathrm{Re}}.$$

Pentru regimul turbulent, unde frecarea depinde nu numai de regimul de curgere, ci şi de natura suprafeţei interioare a pereţilor c., λ se determină cu ajutorul unei formule de calcul stabilite experimental. De exemplu, pentru domeniul de variaţii al numărului Reynolds cuprins între $2\,320<\mathrm{Re}<10^5$, se poate utiliza relaţia de calcul stabilită de Mises:

$$\lambda=0{,}0096+\sqrt{\frac{32k}{d}}+\sqrt{\frac{2{,}88}{\mathrm{Re}}},$$

în care k este un parametru de rugozitate ale cărui valori, determinate de Mises în funcţie de natura materialului, sînt date în tabelul C.23.

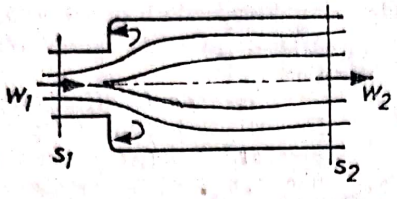
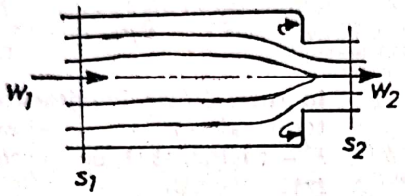
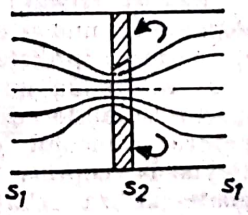
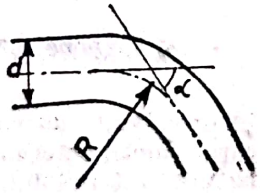
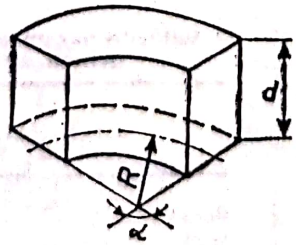
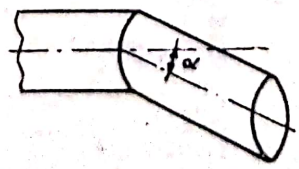
Tabelul C.23

Valorile parametrului de rugozitate k pentru diferite materiale

MATERIAL	$k\cdot10^6$ [cm]
Fontă	100—200
Oţel	20—50
Alamă, cupru, plumb	0,2—1
Sticlă	0,2—0,8
Ciment lustruit	7,5—15
Ciment brut	20—40
Cauciuc	6—12
Lemn	50—100
Cărămidă	200—400
Piatră brută	2 000—4 000

Tabelul C.24

Valorile coeficientului de pierderi locale ξ

Rezistența locală		Coeficientul de pierderi locale
Creștere bruscă a secțiunii		$\xi=\left(1-\frac{S_1}{S_2}\right)^2$
Îngustare bruscă a secțiunii		$\xi=(0{,}5\ldots0{,}6)\left(1-\frac{S_2}{S_1}\right)^2$
Confuzor (îngustare lentă a secțiunii)		$\xi=0{,}01$
Diafragmă		$\xi=\left(1+0{,}707\sqrt{1-\frac{S_2}{S_1}}-\frac{S_2}{S_1}\right)^2$
Curbă cu rază de curbură R și diametru d		$\xi=\left[0{,}13+0{,}16\left(\frac{d}{R}\right)^{3{,}5}\right]\frac{\alpha^\circ}{90}$
Cot de canal cu secțiune pătrată		$\xi=\left[0{,}12+0{,}27\left(\frac{d}{R}\right)^{3{,}5}\right]\frac{\alpha^\circ}{90}$
Curbă din segmenți		α° / ξ: 15 / 0,1; 30 / 0,2; 45 / 0,5; 60 / 0,7; 90 / 1,3

Pierderile locale se exprimă în funcție de viteza medie w din secțiunea c. prin relația:

$$\Delta p_{loc}=\xi \frac{w^2}{2} \rho,$$

în care ξ este coeficientul de pierdere care depinde de forma rezistenței locale, de numărul Reynolds și de mărimea rugozităților peretelui c. Pentru regimuri turbulente de curgere, coeficientul devine independent de numărul Reynolds.

Pentru majoritatea rezistențelor hidraulice, coeficientul ξ se determină experimental (valorile stabilite pe această cale fiind valabile numai în limitele în care a fost experimentat). Valorile coeficientului de pierderi locale pentru cele mai frecvente rezistențe întîlnite în practică sînt date în tabelul C.24.

Calculul de rezistență al c. de secțiune circulară în interiorul cărora circulă fluidul, avînd o presiune p (fig. C.188), se efectuează cu ajutorul relațiilor:

$$\sigma_x=pR/2s;\ \sigma_y=\sigma_{max}=pR/s,$$

în care σ_x și σ_y sînt eforturile unitare normale în pereți.

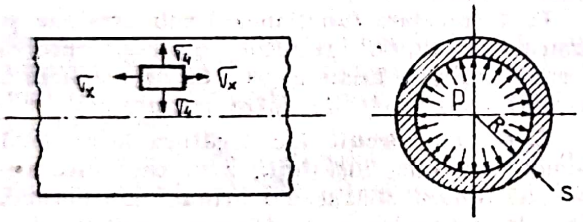


Fig. C.188. Eforturile radiale și axiale în peretele unei conducte în care circulă un fluid sub presiune.

În cazul c. circulare prin care circulă fluide cu temperaturi ridicate (fig. C.189), eforturile unitare maxime se calculează cu relația:

$$\sigma_{max}=\sigma_y=\frac{E\alpha(t_1-t_2)}{2(1-\mu)},$$

în care: E este modulul de elasticitate al materialului; α — coeficientul de dilatare termică liniară; t_1, t_2 — temperaturile interioară și exterioară ale peretelui conductei; μ — coeficientul de contracție transversală al materialului.

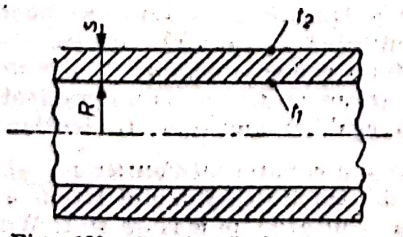


Fig. 189. Conductă în interiorul căreia circulă fluid cu temperatură ridicată ($t_1 > t_2$).

C. pot fi clasificate conform mai multor criterii: după presiunea de serviciu, după natura mediului transportat și după destinație.

După *presiunea de serviciu* se deosebesc: **c.** de înaltă presiune, **c.** de joasă presiune și **c.** de medie presiune.

Prin **c. de înaltă presiune** se transportă lichide la presiuni înalte. Pentru **c.** de apă, presiunea care depășește 6 bar se consideră presiune înaltă. **C.** de înaltă presiune pentru apă se execută din tuburi de oțel sau fontă.

Prin **c. de joasă presiune** se transportă lichide la presiuni joase. Pentru **c.** de apă, presiunea mai mică decît 2 bar se consideră presiune joasă. Pentru construcția acestora se folosesc tuburi de beton armat, de fontă, de azbociment sau materiale plastice.

Prin **c. de medie presiune** se transportă lichide la presiuni cu valori medii. Pentru **c.** de apă se consideră ca limite ale presiunii medii valorile 2 și 6 bar. **C.** de presiune medie se execută din fontă, oțel sau beton armat precomprimat.

După *natura mediului transportat* se deosebesc: **c.** de abur, **c.** de aer, **c.** de apă, **c.** de condensat și **c.** de gaze.

C. de abur sînt folosite la transportul aburului, de la instalația de producere a acestuia la consumator. Se execută, în general, din țevi de oțel trase, asamblate prin sudură sau prin flanșe cu șuruburi. **C.** lungi sînt prevăzute, în general, cu compensatoare de dilatare și cu armături de evacuare a condensatului. La exterior, **c.** de abur se izolează termic. Vitezele uzuale ale aburului în conducte sînt de 20—30 m/s la abur saturat și de 30—60 m/s la abur supraîncălzit.

Prin **c. de aer** circulă aer la o presiune mai înaltă (conductă de aer comprimat sau suprapresiune) sau mai joasă decît presiunea atmosferică (conductă de depresiune). Se utilizează în instalații de ventilație, de încălzire, transport pneumatic, echipamente de frînă, echipamente de comandă etc. și, de asemenea, pentru transportul aerului la temperaturi diferite de temperatura mediului ambiant: mai ridicate (conducte de aer cald) și mai scăzute (conducte de aer rece); în aceste situații, **c.**, în general, se izolea ză. **C.** de aer se execută din metal (oțel, fontă), zidărie, cauciuc, pînză etc.

C. de apă pentru transportul apei la presiunea atmosferică sau la presiune mai înaltă decît aceasta sînt folosite în instalațiile de alimentare cu apă potabilă sau industrială, în instalațiile de răcire sau încălzire, în instalațiile hidraulice etc. Pot fi folosite, de asemenea, la transportul apei la o temperatură mai înaltă decît cea a mediului ambiant, necesară în instalațiile de încălzire centrală (conducte de apă caldă, în general, izolate termic), sau la transportul apei la o temperatură apropiată de cea a mediului ambiant, necesară în insta-

laţiile de alimentare cu apă potabilă sau industrială, sau în instalaţiile de răcire (conducte de apă rece).

C. de condensat servesc la evacuarea sau circulaţia apei de condensare, rezultată prin condensarea aburului într-un condensator, într-un corp de încălzire etc.

C. de gaze sînt utilizate la transportul şi distribuirea gazelor combustibile (ex.: gaz metan, gaz de sondă, gaz de cuptor înalt etc.).

După *destinaţie* se deosebesc: **c. articulate, c. de admisie, c. de aerisire, c. de alimentare, c. de aspiraţie, c. de compensaţie, c. de evacuare, c. de refulare, c. de scurtcircuit** şi **c. de siguranţă**.

C. articulate (de legătură) din ţeavă metalică, compuse din $n \geqslant 2$ tronsoane de ţeavă şi $n+1$ legături articulate (ex.: racorduri de etanşare sferică sau conică), realizează legătura între o conductă fixă de alimentare cu agent; trebuie să aibe în funcţionare o mişcare intermitentă alternativă (fig. C.190).

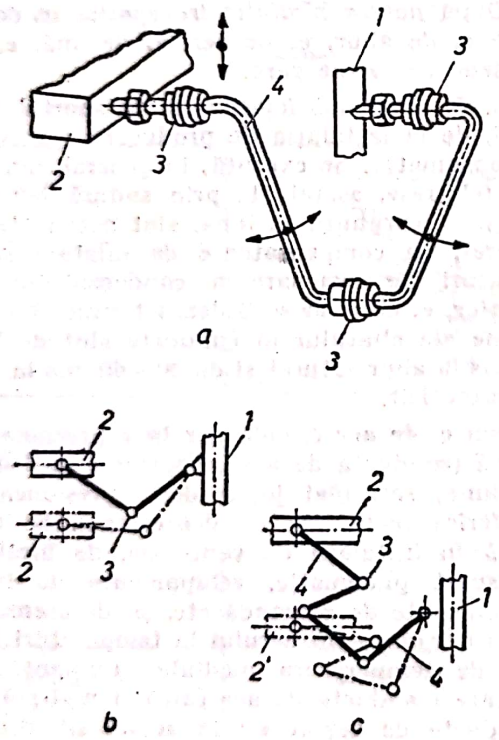


Fig. C.190. Conductă articulată (de legătură).
a, b — vedere şi schemă de conductă cu două braţe (trei articulaţii) pentru cursă scurtă; *c* — schema unei conducte cu patru braţe (cinci articulaţii) pentru cursă lungă: *1* — conductă fixă pentru aburul de încălzire; *2* — sistem de încălzire cu mişcare de translaţie; *2'* — sistemul *2* după deplasare; *3* — armături cu articulaţie; *4* — braţ de ţeavă.

Prin c. de admisie un fluid trece direct, forţat sau prin depresiune, în maşina în care este folosit într-un proces tehnic (ex.: la introducerea încărcăturii proaspete în cilindrii motoarelor cu ardere internă şi ai compresoarelor, la introducerea fluidului energetic într-o pompă etc.).

C. de aerisire fac legătura între punctele cele mai înalte ale unei instalaţii de încălzire centrală cu apă caldă sau cu abur de joasă presiune şi locul prevăzut pentru evacuarea aerului din instalaţie (care poate fi vasul de expansiune, vasul de aerisire etc.).

Prin **c. de alimentare** un fluid sau un material pulverulent este transportat la locul de utilizare, pentru alimentarea continuă sau intermitentă a acestuia (ex.: pentru aducerea apei potabile într-o localitate, pentru aducerea apei industriale la un cazan de abur etc.).

C. de aspiraţie — v. Conductă de admisie.

C. de compensaţie fac legătura între două sau mai multe cazane de abur, pentru compensarea diferenţei de presiune a aburului produs de acestea. **C.** de compensaţie, executată din metal, este racordată la cazane prin intermediul unor robinete adecvate.

Prin **c. de evacuare** un fluid este evacuat dintr-o maşină sau dintr-un aparat, după ce a intervenit într-un proces termic (ex.: **c.** folosite la motoarele cu ardere internă pentru evacuarea gazelor arse).

C. de refulare funcţionează sub presiune şi transportă fluidul rezultat dintr-un proces termic sau gazodinamic (ex.: **C.** de evacuare a aerului comprimat de către compresor).

C. de scurtcircuit fac legătura între două puncte ale unei instalaţii, prin care este vehiculat fluidul abătut din drumul său normal. De cele mai multe ori, **c.** de scurtcircuit funcţionează în legătură cu un sistem de reglare automată a unei instalaţii.

C. de siguranţă fac legătura directă, în instalaţiile de încălzire centrală cu apă caldă, între cazan şi vasul de expansiune.

CONDUCTIBILITATE TERMICĂ (Sin.: **Conducţie**). Proprietate a unor corpuri de a transmite un flux de căldură sub acţiunea unei diferenţe de temperatură (v.: Transfer de căldură; Conductivitate termică).

CONDUCTIVITATE TERMICĂ (λ) (Sin.: **Coeficient de conductibilitate termică; Coeficient de conducţie**). Parametru termofizic al materialelor ce caracterizează capacitatea acestora de a transmite căldura. Se poate defini prin cantitatea de căldură care trece în unitatea de timp printr-o suprafaţă de 1 m^2 a unui corp cu grosimea de 1 m, la un gradient de temperatură egal cu unitatea. Dimensiunea lui λ se obţine din ecuaţia lui Fourier $\vec{q} = -\lambda \cdot \text{grad}\, t$, funcţie de densitatea fluxului termic q şi temperatură. Unităţile de măsură sînt: W/m·K (în sistemul internaţional de unităţi de măsură) şi kcal/m·h·grd (în sistemul MKfS de unităţi

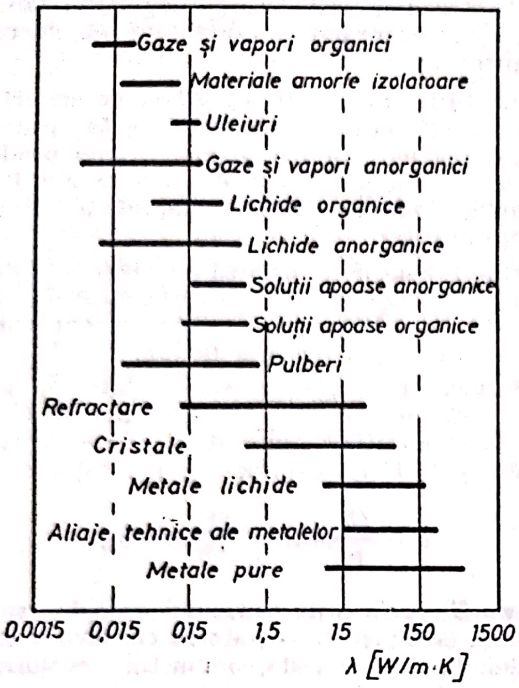


Fig. C.191. Domenii de valori pentru conductivitatea termică.

de măsură). λ are valori proprii fiecărui corp omogen (fig. C.191) şi depinde de structura materialului (densitate, umiditate, presiune şi temperatură).

Pentru toate materialele dependenţa lui de temperatură este dată de relaţia:

$$\lambda=\lambda_0[1\pm at\pm bt^2\pm \dots] \quad [\mathrm{W/m\cdot K}],$$

în care: λ_0 este conductivitatea termică la temperatura t_0; a, b, c etc. constante proprii materialului, determinate experimental.

C.t. a gazelor, la presiuni şi temperaturi obişnuite, λ_g, se determină cu relaţia:

$$\lambda_g=\frac{1}{3}\cdot\rho\cdot\overline{w}\cdot\overline{l}\cdot c_v \quad [\mathrm{W/m\cdot K}],$$

unde: ρ este densitatea gazului; $\overline{w}$ — viteza medie moleculară a gazului; $\overline{l}$ — parcursul liber mijlociu molecular; c_v — căldura specifică a gazului la volum constant. Pentru gaze, λ_g are valori de 0,006 — 0,6 W/m·K. λ creşte cu temperatura (fig. C.192), nu depinde de presiune, cu excepţia presiunilor foarte mari (peste 2 000 bar), sau foarte mici (sub 20 mmHg). La amestecurile de gaze perfecte, se poate utiliza relaţia $\lambda_{amg}=\sum_{i=1}^{i=z} r_i\lambda_i$, în care λ_i este conductivitatea termică a unui component i, şi r_i — participaţia volumică a componenţilor

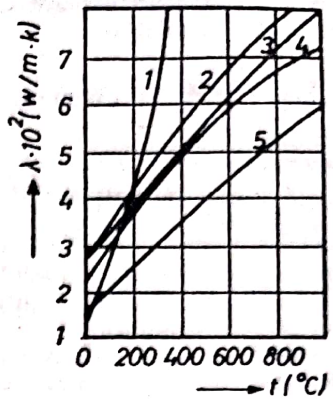


Fig. C.192. Variaţia conductivităţii termice a gazelor în funcţie de temperatură:
1 — vapori de apă; *2* — oxigen; *3* — aer; *4* — azot; *5* — argon.

amestecului. La gazele reale şi la amestecurile lor, λ se poate determina numai experimental.

C.t. a lichidelor, λ_l, este dată de relaţia:

$$\lambda_l=A\frac{c_p\cdot\rho}{M^{1/3}} \quad [\mathrm{W/m\cdot K}],$$

în care: c_p este căldura specifică a lichidului la presiune constantă; ρ — densitatea lichidului; M — masa moleculară; A — coeficient de proporţionalitate ce depinde de viteza de propagare a undelor elastice în lichide (este o funcţie de temperatură şi nu depinde de natura lichidului).

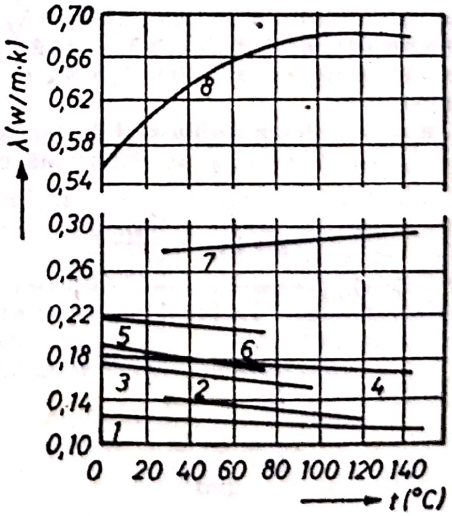


Fig. C.193. Variaţia conductivităţii termice a lichidelor în funcţie de temperatură:
1 — ulei mineral; *2* — benzol; *3* — acetonă; *4* — ulei de ricin; *5* — alcool etilic; *6* — alcool metilic; *7* — glicerină; *8* — apă.

Scanned with OKEN Scanner

La lichidele rău conducătoare de electricitate se poate folosi relația:

$$\lambda_l = \frac{2Ra\rho^{2/3}}{M^{2/3}} \text{ [W/m · K]},$$

unde R este constanta vaporilor saturați ai lichidului, iar a — viteza sunetului în lichidul respectiv.

Valorile lui λ_l variază între 0,07—0,7W/m·K. Pentru majoritatea lichidelor, λ_l scade cu temperatura, cu excepția apei și a glicerinei (fig. C.193) și crește cu presiunea.

C. t. a solidelor. La solide, rețeaua de ioni este staționară și interacțiunea dintre ionii cu polaritate diferită va da rețelei o stabilitate mai mare sau mai mică, după intensitatea ei. Dacă rețeaua primește căldură, se măresc oscilațiile ionilor în jurul poziției medii, iar electronii liberi se vor deplasa în toate direcțiile, mărindu-se starea de agitație a lor. Datorită acestor mișcări, apare așa-numitul fenomen de difuzie. La solidele cu conducție electrică prin electroni, norul de electroni se poate asimila cu un gaz perfect și λ_s se calculează cu relația respectivă. În acest caz, $\lambda_s = \lambda_{el}$ (legea lui Wiedeman-Franz-Lorenz), este aplicabilă la metale și la corpurile bune conducătoare de electricitate și arată că transferul căldurii se face numai cu ajutorul electronilor liberi. La materialele solide rele conducătoare de electricitate, în relație trebuie să se considere și aportul adus de ionii din rețeaua structurală a corpului. Particulele fictive, asociate undelor produse de vibrațiile ionilor formează gazul fononic, considerat un gaz perfect, a cărei c.t. λ_{fon} se calculează cu relația $\lambda_{fon} = \overline{wlc}/3$, unde c. este căldura specifică a unității de volum a gazului fononic. La aceste materiale $\lambda = \lambda_{el} + \lambda_{fon}$ iar la temperaturi moderate $\lambda_{fon} \gg \lambda_{el}$ adică $\lambda \simeq \lambda_{fon}$ La metalele pure $\lambda = 20 - 400$ W/m·K și scade cu temperatura.

C.t. a materialelor izolante și de construcție este $\lambda = 0{,}2 - 3$ W/m·K și se determină cu relația:

$$\lambda = \lambda_{mat} \frac{1 - \left(1 - a\frac{\lambda_{aer}}{\lambda_{mat}}\right)}{1 - (a-1)b};$$

$$a = \frac{\lambda_{mat}}{\lambda_{mat} + \lambda_{aer}};$$

$$b = \frac{P}{100},$$

unde λ_{mat}, λ_{aer} reprezintă conductivitatea termică a materialului solid, respectiv a aerului, iar P — caracteristica de porozitate a materialului C. t. a materialelor higroscopice depinde de conținutul de apă din ele, care duce la mărirea lui.

Pentru majoritatea corpurilor există tabele și diagrame care indică valorile lui λ la diferite temperaturi.

CONSUM SPECIFIC. Cantitate de material, combustibil sau energie consumată pentru executarea unui proces tehnic, a unui produs sau a unei operații, raportate la o unitate de o anumită mărime (putere, suprafață, timp, volum etc.).

C. s. permit determinarea economicității mașinilor și servesc la stabilirea cantității de carburant sau a energiei, necesare pentru realizarea unui anumit proces tehnic.

Pentru motoarele cu ardere internă, c.s. efectiv de combustibil (c_e) reprezintă cantitatea de combustibil raportată la puterea motorului și la timp, exprimat prin relația:

$$c_e = \frac{C_h}{P_e} \cdot 10^{-3} \text{ [g/CP · h]},$$

în care C_h (kg/h) este consumul orar de combustibil, iar P_e (CP) — puterea efectivă a motorului. C. s. efectiv de combustibil evaluează eficiența economică a tipului de ciclu termodinamic al motorului (cu ardere la volum constant, la presiune constantă sau cu ardere mixtă). Din acest punct de vedere, consumul efectiv de combustibil poate fi exprimat prin relația:

$$c_e = \frac{264{,}55}{\eta_e Q_i} \text{ [g/CP · h]},$$

în care η_e este randamentul efectiv al motorului, iar Q_i (kJ/kg) — puterea calorică inferioară a combustibilului.

Pentru turbinele cu abur, c.s. de abur (c_a) reprezintă cantitatea de abur necesară producerii unui kJ, conform relației:

$$c_a = \frac{1}{\Delta h_{ad} \cdot \eta_m \cdot \eta_g} \text{ [kg/kJ]},$$

în care: $\Delta h_{ad} = h_1 - h_5$ [kJ/kg] (fig. C.194); η_m — randamentul mecanic al turbinei; η_g — randamentul generatorului.

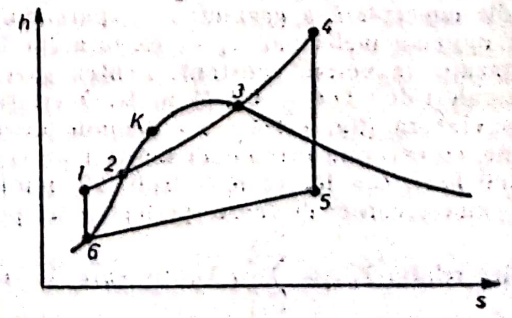


Fig. C.194. Ciclul unei turbine în diagrama h-s

C.s. de combustibil al cazanelor de abur (c_t), care în unitatea de timp alimentează turbina, se poate determina prin relația:

$$c_t = \frac{D \cdot q_t}{\eta_c \cdot Q_i} \quad [\text{kg/s}],$$

în care: D [kg/s] este debitul de apă al cazanului; q_t [kJ/kg] — cantitatea de căldură necesară pentru încălzirea unui kilogram de apă pînă la transformarea acesteia în abur supraîncălzit, înaintea turbinei ($q_t = h_4 - h_1$, fig. C.194); η_c — randamentul cazanului; Q_i [kJ/kg] — puterea calorifică inferioară a combustibilului.

Pentru instalațiile cu turbine de gaze, c.s. de combustibil al camerei de ardere (c) se exprimă prin relația:

$$c = \frac{\dot{m} q_a}{\eta_a \cdot \varphi_i} \quad [\text{kg/s}],$$

în care: $\dot{m}$ [kg/s] este debitul de aer livrat de compresor; q_a [kJ/kg] — cantitatea de căldură dezvoltată în camera de ardere de un kilogram de combustibil ($q_a = h_3 - h_2$, fig. C.195); η_a — randamentul camerei de ardere.

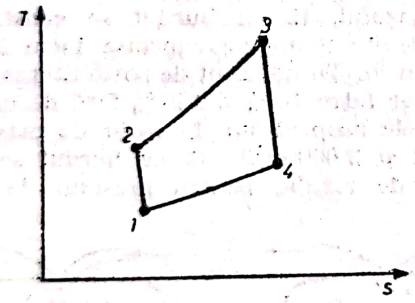


Fig. C.195. Ciclul unei turbine cu gaze în diagrama T-s.

CONTINUITATE (Ecuație de). Reprezintă aplicarea legii conservării masei unui volum individual (compus din aceleași particule ale mediului) dintr-un fluid newtonian continuu. Ecuația de continuitate pentru un fluid în mișcare, scrisă sub forma diferențială, este:

$$\frac{\partial \rho}{\partial \tau} + \rho \operatorname{div} \vec{w} = 0,$$

unde $\rho = \rho(x, y, z, \tau)$ este cîmpul sclar al densității fluidului, iar $\vec{w} = \vec{w}(x, y, z, \tau)$ — cîmpul vectorial al vitezelor în domeniul mișcării.

O formă echivalentă a **e.c.** este:

$$\frac{\partial \rho}{\partial \tau} + \operatorname{div}(\rho \vec{w}) = 0.$$

În coordonate carteziene rectangulare, **e.c.** are forma:

$$\frac{\partial \rho}{\partial \tau} + \frac{\partial}{\partial x}(\rho w)_x + \frac{\partial}{\partial y}(\rho y)_y + \frac{\partial}{\partial z}(\rho w)_z = 0,$$

unde w_x, w_y, w_z reprezintă componentele pe cele trei axe x, y, z.

În cazul cîmpului de densitate permanent (staționar), în relațiile de mai sus se consideră $\partial\rho/\partial\tau = 0$.

E.c. pentru o curgere izotermă a unui fluid incompresibil (lichid), $\rho = \text{const.}$, are forma diferențială:

$$\operatorname{div} \vec{w} = \frac{\partial w_x}{\partial x} + \frac{\partial w_y}{\partial y} + \frac{\partial w_y}{\partial z} = 0.$$

Dacă în volumul considerat există surse de masă, **e.c.** devine:

$$\frac{\partial \rho}{\partial \tau} + \rho \operatorname{div} \vec{w} = \chi,$$

unde χ este viteza de variație a masei într-un punct, raportată la unitatea de volum, determinată de sursa interioară de masă (pozitivă sau negativă).

Un amestec compus din N constituenți se poate considera ca un asnamblu de N medii continue, ocupînd același volum, cel al amestecului. Pentru fiecare punct al domeniului ocupat de amestecul în mișcare se pot introduce N densități ρ_i și N viteze $\vec{w}_i$, fiecare raportîndu-se la un constituent al amestecului. În acest caz, fiecare constituent verifică ecuația de continuitate, deci:

$$\frac{\partial \rho}{\partial \sigma_i} + \operatorname{div}(\rho_i \vec{w}_i) = 0,$$

dacă nu apar reacții chimice sau ionizări în amestec, sau:

$$\frac{\partial \rho_i}{\partial \tau} + \operatorname{div}(\rho_i \vec{w}_i) = \chi_i,$$

în cazul în care amestecul este supus reacțiilor chimice sau ionizării. χ_i reprezintă variația masei constituentului i în unitatea de volum și în unitatea de timp, ca urmare a unei reacții chimice sau a unei ionizări. Legea fundamentală a reacțiilor chimice cere ca masa totală a amestecului să se conserve, deci:

$$\sum_{i=1}^{i=z} \chi_i = 0.$$

E.c. pentru amestec se poate scrie sub aceeași formă, dar în care ρ reprezintă densitatea amestecului:

$$\rho = \sum_{i=1}^{i=z} r_i \cdot \rho_i,$$

Scanned with OKEN Scanner

unde r_i este participația gravimetrică a componentului i în amestec. $\vec{w}$ a amestecului este:

$$\vec{w}=\frac{1}{\rho}\sum_{i=1}^{i=n}\rho_i\cdot\vec{w}_i.$$

Dacă toți constituenții amestecului se mișcă cu aceeași viteză, egală cu acea a amestecului, atunci procesul curgerii amestecului este fără difuzie. Dacă vitezele $\vec{w}_i$ ale constituenților sînt diferite de aceea a amestecului, există difuzie și forma e.c. se modifică, deoarece trebuie să se țină seama de viteza $\vec{w}$ a amestecului. Ca urmare, cînd în timpul curgerii are loc o reacție chimică sau o difuzie, e.c. devine:

$$\frac{\partial\rho_i}{\partial\tau}+\operatorname{div}(\rho_i\vec{w}_i)=\chi_i-\operatorname{div}\vec{T}_i,$$

unde $\vec{T}_i$ este vectorul fluxului de difuzie:

$$\vec{T}_i=\rho_i(\vec{w}_i-\vec{w}).$$

Termenul $div\vec{T}_i$ din ecuație caracterizează variația masei constituentului i în volumul care se mișcă cu viteza $\vec{w}$, datorită faptului că, întrucît $\vec{w}\neq\vec{w}_i$, acest volum nu este volumul individual al acestui constituent.

E. c. *pentru un tub de curent* (în care viteza în secțiunea transversală are o repartiție uniformă) se poate scrie sub forma:

$$\frac{\partial}{\partial\tau}(\rho\cdot S)+\frac{\partial}{\partial s}(\rho\cdot wS)=0,$$

unde: $S=S(\tau, s)$ reprezintă secțiuni transversale; s — coordonata curbilinie în lungul axului tubului de curent; w — viteza în secțiunea transversală normală la acesta. Cazuri particulare ale acestei ecuații se pot obține în următoarele ipoteze:

— tubul de curent este nedeformabil ($\partial S/\partial\tau=0$):

$$S\frac{\partial\rho}{\partial\tau}+\frac{\partial}{\partial s}(\rho wS)=0;$$

— tubul de curent este nedeformabil și de secțiune constantă:

$$\frac{\partial\rho}{\partial\tau}+\frac{\partial}{\partial s}(\rho w)=0;$$

— mișcarea este permanentă:

$$D_m=\rho\cdot w\cdot S=\text{const.}$$

(debitul masic $D_m=$const., în orice secțiune a tubului);

— mișcarea este permanentă și fluidul incompresibil:

$$w\cdot S=D_v=\text{const.}$$

(debitul volumic $D_v=$const, în orice secțiune a tubului).

CONTOR. Instrument care măsoară, prin însumare sau integrare, valoarea unei mărimi într-un interval de timp dat.

După *natura fluidului* se deosebesc următoarele tipuri de **c.**: **c.** de abur, de apă, de gaze și de căldură.

C. de abur este un instrument care măsoară și înregistrează consumul de abur al unui consumator industrial fie în scopul stabilirii bunei funcționări a instalației, fie în scopul stabilirii costului ce trebuie decontat furnizorului.

C. de apă este un instrument care măsoară și înregistrează consumul de apă al unui consumator (gospodărie, instituție sau întreprindere industrială), în vederea stabilirii costului apei consumate într-un interval de timp, sau pentru verificarea bunei funcționări a diferitelor părți ale unei instalații.

C. de gaze (fig. C.196) care determină consumul de gaze este un **c.** cu burduf. Energia necesară funcționării **c.** este furnizată de presiunea gazului. **C.** cu burduf se construiesc pentru debite nominale cuprinse între 3 m³/h și 3 000 m³/h. Ținînd cont de posibilitatea funcționării lor între 10 % și 120 % față de debitul normal, ele acoperă un domeniu de măsurare între 0,3 și 3 600 m³/h. **C.** cu burduf se construiesc, de regulă, pentru presiuni de 30—

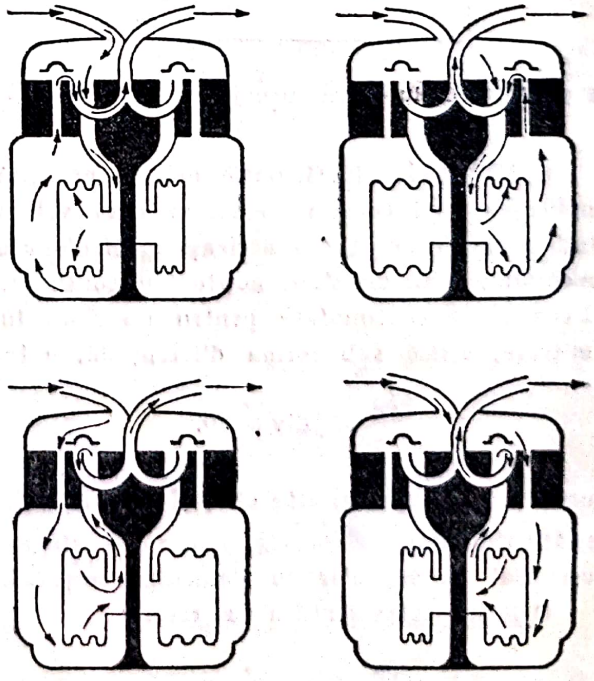


Fig. C.196. Schema de funcționare a unui contor cu burduf.

50 m bar (300—500 mm H_2O), căderile maxime de presiune pe c. la debitul nominal fiind de cca. 2—2,5 m·bar (20—25 mm H_2O). Sensibilitatea c. cu burduf este în general sub 1,5% din debitul nominal, iar eroarea de măsură sub ±4% din valoarea măsurată. C. cu burduf se instalează în locuri uscate, ventilate, ușor accesibile, cu excepția încăperilor locuite sau slab ventilate.

C. de căldură (de tipul cu abur sau cu apă) măsoară cantitățile de căldură distribuite consumatorilor racordați la o rețea termică sau de termoficare. La rețelele de distribuție cu abur, cantitatea de căldură se măsoară cu c. montate pe conducta de condensat (v. Contor de apă) care măsoară debitul de condensat, sau cu c. de abur. La rețelele de distribuție cu apă caldă sau fierbinte, cantitatea de căldură se determină prin produsul dintre cantitatea de agent termic care circulă prin instalația consumatoare și căderea de temperatură produsă de aceasta. C. de căldură poate fi mecanic (fig. C.197) sau electric și trebuie să cuprindă un debitmetru, un termometru diferențial, un mecanism de multiplicare și integrare și, eventual, un mecanism de înregistrare. La ambele tipuri, debitmetrul este montat pe conducta de retur. La c. mecanic diferența de temperatură este sesizată cu termometre manometrice, iar la c. electric, cu termocupluri montate diferențial. Pe lîngă mecanismul de totalizare al consumului de căldură, ambele tipuri de c. sînt echipate și cu cadran și ac indicator pentru debitul de căldură măsurat.

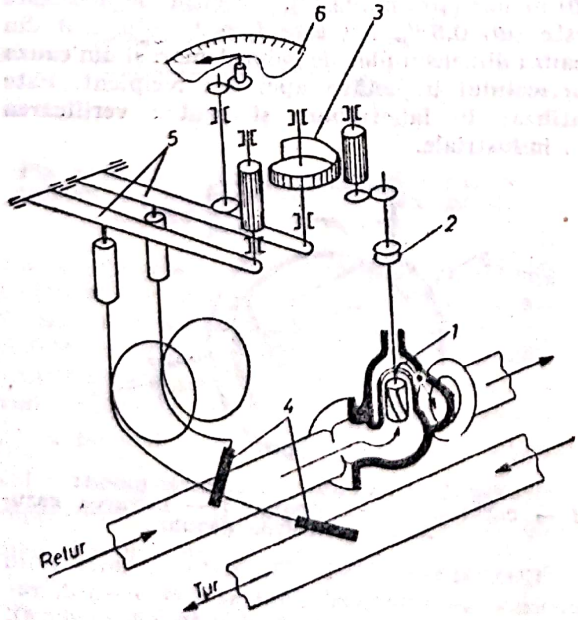


Fig. C.197. Contor de căldură:
1 — contor de apă; *2* — cuplaj magnetic; *3* — mecanism de multiplicare și integrare; *4* — termometre manometrice; *5* — pîrghii de transmisie; *6* — cadran de înregistrare.

Din punct de vedere constructiv, c. (de gaze sau lichide) pot fi c. cu membrană, c. de masă, c. cu pale rotitoare, c. de viteză cu elice și c. volumetrice.

C. cu membrană (fig. C.198) determină consumul de gaze. Principiul de funcționare și caracteristicile c. cu membrană sînt asemănătoare cu cele ale c. cu gaze (burduf).

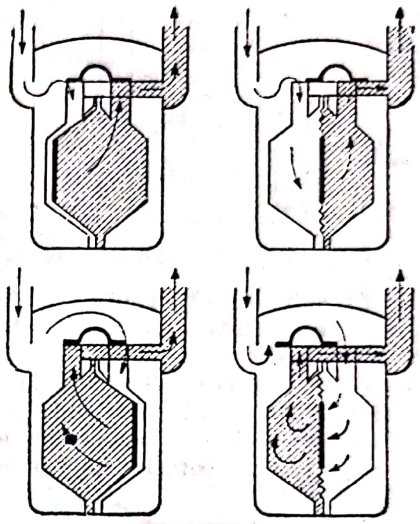


Fig. C.198. Schema de funcționare a unui contor cu membrană.

C. de masă (fig. C.199) este un c. pentru lichide, a cărui funcționare se bazează pe umplerea unor camere cu volum cunoscut; acestea se dezechilibrează și basculează un sistem de pîrghii, care contorizează numărul de basculări, cu indicarea directă în unități de volum (masă) a cantităților de lichid trecute prin c.

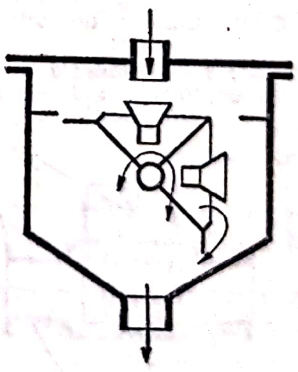


Fig. C.199. Contor de masă.

C. cu pale rotitoare (fig. C.200) este un instrument al cărui principiu de funcționare se bazează pe umplerea și golirea alternativă a două spații profilate prin învîrtirea în sensuri opuse a două palete, de asemenea, profilate. Se folosesc, în special, pentru determinarea consumurilor de gaze. C. cu pale rotitoare acoperă o gamă de debite între 5 și 50 000 m^3/h,

admițînd o suprasarcină de 20% (sau 50% pentru perioade scurte de timp). Temperaturile de lucru sînt cuprinse între −40 și +60°C, iar presiunile de lucru între 1 și 100 bar. Căderea de presiune pe c. este de cca. 2—5 bar (20—50 mmH_2O) la debitul nominal și mai redusă, la sarcini parțiale. Sensibilitatea c. este de 1% din debitul nominal, iar eroarea de măsură tolerată, sub +0,5%, pentru debite între 10% și 100% din debitul nominal și sub ±2%, în afara acestui interval.

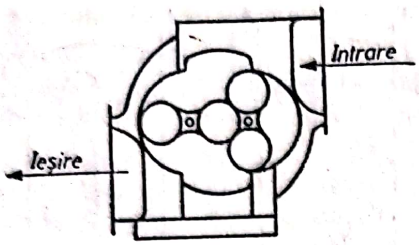
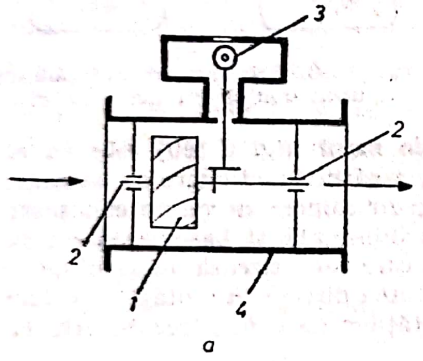


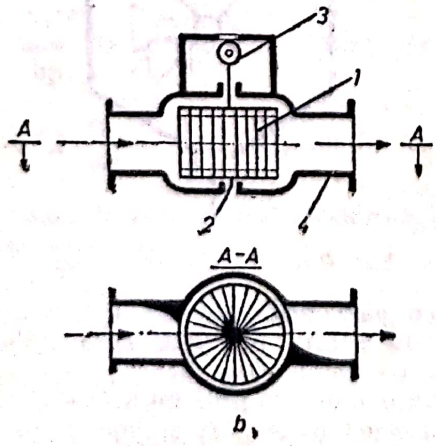
Fig. C.200. Contor cu pale rotitoare.

C. de viteză cu elice (fig. C.201) sau cu turbină (fig. C.202) sînt construite dintr-un segment de conductă cilindrică în a cărei secțiune se rotește, teoretic fără frecare, o elice sau o turbină avînd axul în centrul secțiunii. Viteza de rotire a elicei este proporțională cu viteza (debitul) fluidului care trece prin segmentul de conductă. Contorizarea numărului de rotații al elicei constituie o contorizare a cantității de fluid. C. de viteză se folosesc pentru măsurarea cantităților de lichide (în special) și de gaze. Domeniul de contorizare este 10^{-3}—10^4 m^3/h pentru lichide (apă) și 10 m^3/h—45 000 m^3/h pentru gaze. Presiunile de lucru sînt max. 10 bar pentru lichide și 10 bar — 100 bar pentru gaze. Pierderea maximă de presiune în c. este 1 m·bar (10 mmH_2O) pentru lichide și 6 m·bar (60 mmH_2O) pentru gaze. Sensibilitatea c. este 2% din debitul nominal, iar eroarea tolerată sub ±2%, în intervalul de debite 5%—100% din debitul nominal.



a

Fig. C.201. Contor de viteză cu elice:
1 — elice; *2* — lagăre; *3* — dispozitiv de contorizare; *4* — corpul contorului.



b

Fig. C.202. Contor de viteză cu turbină:
1 — turbină; *2, 3, 4* — idem fig. C.201.

C. volumetric măsoară cantitățile de gaz sau lichide, prin umplerea și golirea succesivă a unuia sau a mai multor compartimente sau recipiente de capacitate cunoscută. După fiecare fază de umplere și golire, acestea acționează un organ mobil, legat de dispozitivul de înregistrare (v. Contor cu burduf, contor cu membrană, contor cu pale rotitoare, contor cu masă, contor volumetric umed).

C. volumetric umed (fig. C.203) este constituit dintr-un rotor cu camere, cufundat într-un recipient cu apă. Gazul intră în camere la partea lor inferioară; prin umplerea lor succesivă, se obține o mișcare de rotație transmisă la un mecanism de înregistrare a cantității de gaz. Se folosesc pentru cantități mici de gaz (0,75—3 m^3/h) cu presiune sub 10 m·bar (100 mmH_2O). Precizia de măsurare este sub 0,5%. Nu este folosit industrial din cauza dimensiunilor de gabarit mari și din cauza pericolului înghețării apei din recipient. Este utilizat în laboratoare și pentru verificarea c. industriale.

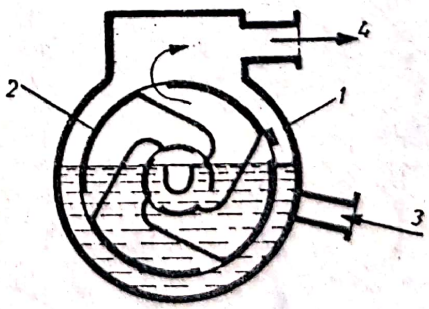


Fig. C.203. Contor volumetric umed:
1 — carcasă; *2* — rotoare; *3* — intrarea gazului; *4* — ieșirea gazului.

CONTRACURENT. Circulație a unui fluid în sens opus curgerii unui al doilea fluid, într-un sistem tehnic (ex.: schimbător de căldură). Cele două fluide își pot influența reciproc mărimile de stare sau compoziție, prin contact direct sau indirect (schimb de căldură sau de masă între ele).

Un schimbător de căldură tubular cu circulaţie în c. este arătat în fig. C.204, unde agenţii de lucru se deplasează în aceeaşi direcţie, dar în sensuri opuse. În fig. C.205 este arătat în mod convenţional variaţia temperaturii agenţilor termici în schimbătorul de căldură, cu circulaţie în c. Aparatele de schimb de căldură cu circulaţie în c. prezintă avantajul că, în anumite condiţii (care depind de debitele şi căldurile specifice ale agenţilor termici), este posibil ca temperatura agentului termic secundar la ieşirea din schimbător (t''_{f_2}) să fie mai mare decît temperatura agentului termic primar (t''_{f_1}), unde t'_{f_1} şi t''_{f_1} sînt temperaturile agentului termic primar la intrarea şi ieşirea din aparat [°C], iar t'_{f_2}, t''_{f_2} — temperaturile agentului termic secundar la intrarea şi la ieşirea din aparat [°C].

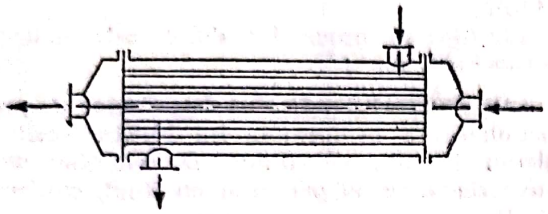


Fig. C.204. Schimbător de căldură cu circulaţie în contracurent.

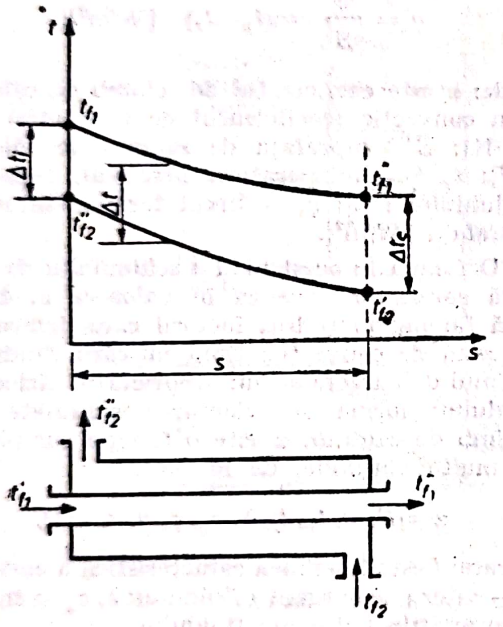


Fig. C.205. Variaţia temperaturii agenţilor termici în schimbătorul de căldură cu circulaţie în contracurent.

CONVECŢIE. Proces de transfer de energie şi impuls, însoţit de un transfer de masă. Energia este înmagazinată în particulele de fluid şi transportată, ca rezultat al mişcării acestora. Mecanismul procesului nu depinde direct de diferenţa de temperatură, dar efectul este acela al transferului de energie în sensul căderii de temperatură, fiind astfel considerat ca al treilea mod elementar de schimb de căldură, alături de conducţie şi radiaţie. Procesul de transfer al căldurii prin c. se desfăşoară prin acţiunea combinată a conducţiei termice, a acumulării de energie internă şi a mişcării de amestec. Astfel, transferul de căldură prin c., de exemplu, de la un perete mai cald la un fluid mai rece, are loc în cîteva etape: iniţial, căldura trece prin conducţie termică de la suprafaţa peretelui la particulele de fluid adiacente acestuia; energia termică astfel transferată măreşte temperatura şi energia internă a acestor particule de fluid; aceste procese se desfăşoară în stratul de fluid de lîngă perete, denumit *strat limită termic*; în continuare, aceste particule cu energie mai mare se deplasează către regiuni cu temperaturi mai scăzute unde, prin amestec cu alte particule, transmit acestora o parte din energia lor, încălzindu-le.

Transferul de căldură prin c. între fluid şi o suprafaţă solidă este influenţat de următorii patru factori:

a) *Natura mişcării*, care depinde de cauza ce o generează:

— diferenţa de densitate a fluidului, produsă de diferenţa de temperatură între diverse puncte ale acestuia, dă naştere mişcării libere; transferul de căldură între un perete şi un fluid, avînd acest tip de mişcare, poartă numele de **c. liberă;**

— efectul unui lucru mecanic exterior (pompă, ventilator etc.) dă naştere unei mişcări a fluidului, denumită mişcare forţată; transferul de căldură între un perete şi un fluid cu acest tip de mişcare poartă numele de **c. forţată.**

b) *Regimul de curgere al fluidului*, care este caracterizat prin criteriul Reynolds (Re). În funcţie de valoarea criteriului Re, se deosebesc următoarele categorii de procese de transfer de căldură prin c.:

— c. în regim laminar, cînd $0 < Re < 2\,320$

— c. în regim tranzitoriu, cînd $2\,320 < Re < 10^4$

— c. în regim turbulent, cînd $Re > 10^4$.

În funcţie de regimul de curgere al fluidului, mecanismul c. se desfăşoară astfel:

— **în regim laminar,** c. se face cu precădere prin conducţie termică între liniile de curent ale fluidului;

— **în regim turbulent,** c. are loc prin transfer de impuls de la zona caldă spre cea rece; c. turbulentă este mult mai intensă decît c. laminară.

c) *Proprietăţile fizice ale fluidului.* Tabelul C.25 cuprinde lista principalelor proprietăţi termofizice ale unui fluid, care intervin în pro-

Tabelul C.25

Proprietățile fizice ale fluidului care influențează procesele de convecție

Simbolul sau relația de calcul	Denumirea	Unitatea de măsură
p	Presiune	N/m²
T	Temperatură	K
λ	Conductivitate termică	W/m·K
c_p	Căldură specifică la presiune constantă	J/kg·K
ρ	Densitate	kg/m³
$v=1/\rho$	Volum specific	m³/kg
ν	Viscozitate cinematică	m²/s
$\eta=\nu\cdot\rho$	Viscozitate dinamică	N·s/m²
$a=\lambda/c_p\cdot\rho$	Difuzivitate termică	m²/s
β	Coeficient de dilatare volumetrică	1/K
h	Entalpie	J/kg
r	Căldură latentă	J/kg
σ	Tensiune superficială	N/m²

cesele de c. În mod special, schimbul de căldură prin c. este afectat de conductivitatea termică λ, căldura specifică c_p, difuzivitatea termică a, densitatea ρ și viscozitatea dinamică η, proprietăți dependente pentru fiecare fluid de temperatură și, într-o măsură mult mai mică, de presiune.

Tabelul C.26

Clasificarea proceselor de convecție

Convecție fără schimbarea stării de agregare (convecție monofazică)

Convecție liberă (naturală)				Convecție forțată			
Regim laminar		Regim turbulent		Regim laminar		Regim turbulent	
Spațiu finit	Spațiu mare	Spațiu finit	Spațiu mare	Spațiu finit	Spațiu mare	Spațiu finit	Spațiu mare

Convecție cu schimbarea stării de agregare (convecție bifazică)

Convecție liberă (naturală)				Convecție forțată			
Regim laminar		Regim turbulent		Regim laminar		Regim turbulent	
Spațiu finit	Spațiu mare	Spațiu finit	Spațiu mare	Spațiu finit	Spațiu mare	Spațiu finit	Spațiu mmre

d) *Forma și dimensiunile suprafeței de schimb de căldură.* Geometria suprafeței de schimb de căldură (plană, cilindrică, inelară, nervurată etc.) și orientarea acesteia față de direcția de curgere a fluidului afectează caracteristicile stratului limită dinamic și termic și creează condiții specifice de curgere și de transfer de căldură.

Clasificarea proceselor de c. este arătată în tabelul C.26.

CONVECȚIE (Coeficient de). Factor de proporționalitate în formula lui Newton pentru calculul fluxului de căldură Q, schimbat prin convecție între un perete și un fluid, conform relației:

$$Q=\alpha S(t_p-t_f) \quad [\mathrm{W}];$$

$$q_s=\frac{Q}{S}=\alpha(t_p-t_f) \quad [\mathrm{W/m^2}],$$

unde: α este coeficientul de schimb de căldură prin convecție (coeficientul de convecție) [W/m²·K]; S — suprafața de schimb de căldură [m²]; t_p, t_f — temperatura peretelui, respectiv a fluidului [°C]; q_s — fluxul termic unitar de suprafață [W/m²].

Definirea în acest mod a schimbului de căldură convectiv face ca în valoarea c. de c. α să fie înglobați toți factorii care determină procesul de convecție: tipul mișcării fluidului, regimul de curgere al lui; proprietățile fizice ale fluidului; forma și orientarea suprafeței de schimb de căldură. α este o funcție complexă, de multe variabile, de forma:

$$\alpha=f(l, w, t_p, t_f, \lambda, c_p, \rho, \nu, a, \ldots),$$

în care: l este lungimea caracteristică a curgerii; w — viteza de curgere a fluidului; λ, c_p, ρ etc. — proprietățile fizice ale fluidului.

Tabelul C.27 cuprinde relațiile de calcul ale schimbului de căldură convectiv între un fluid și un perete, în care S este suprafața de schimb de căldură a peretelui plan [m²], iar L, d — lungimea, respectiv, diametrul peretelui cilindric [m].

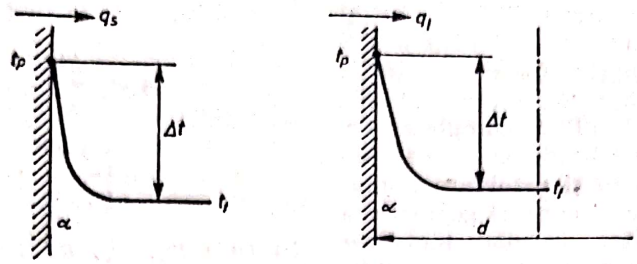
Determinarea coeficienților de schimb de căldură prin convecție se face prin patru metode generale:

a) *Analiza dimensională*, metodă prin care se obțin informații despre un fenomen, pornind de la singura premiză că fenomenul poate fi descris printr-o ecuație dimensională corectă și omogenă între variabilele de care el depinde. Metoda presupune existența prealabilă a unor rezultate experimentale. Rezultatele analizei dimensionale sînt grupuri adimensionale (numite criteriale), ce reprezintă rapoarte de forțe sau cîmpuri, care ușurează interpretarea rezultatelor și extind domeniul de aplicare al datelor experimentale.

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul C.27

Mărimile și relațiile de bază pentru calculul convecției termice între un fluid și un perete plan sau cilindric



Perete plan — Perete cilindric

Mărimea	Perete	Unitatea de măsură	Relația de calcul
Rezistență termică de convecție	Plan	$m^2 \cdot K/W$	$R_s = \frac{1}{\alpha}$
	Cilindric	$m \cdot K/W$	$R_l = \frac{1}{\pi \cdot d \cdot \alpha}$
Flux termic unitar	Plan	W/m^2	$q_s = \frac{\Delta t}{R_s} = \alpha(t_p - t_f)$
	Cilindric	W/m	$q_l = \frac{\Delta t}{R_l} = \pi \cdot d \cdot \alpha(t_p - t_f)$
Flux termic	Plan	W	$Q = q_s \cdot S = \alpha \cdot S(t_p - t_f)$
	Cilindric	W	$Q = q_l \cdot L = \pi \cdot d \cdot \alpha L(t_p - t_f)$

Tabelul C.28

Intervalul de variație a coeficientului de convecție și a criteriului Prandtl (Pr)

Fluidul	Pr	Procesul de convecție	α [$W/m^2 \cdot K$] (valori indicative)
Gaze	0,68 — 0,80	Convecție liberă Convecție forțată	5 — 100 10 — 300
Apă	0,68 — 13	Convecție liberă Convecție forțată Fierbere nucleică	100 — 1 000 500 — 30 000 2 000 — 40 000
Abur supraîncălzit	0,86 — 0,96	Convecție forțată	25 — 500
Abur	0,86 — 0,97	Condensare cu picături Condensare peliculară	30 000 — 120 000 4 000 — 15 000
Uleiuri	20 — 100 000	Convecție monofazică	50 — 1 500
Fluide organice	2,9 — 9	Convecție monofazică Condensare	1 000 — 10 000 500 — 2 000
Metale lichide	0,004 — 0,01	Convecție monofazică	20 000 — 50 000

Scanned with OKEN Scanner

b) *Analiza matematică a ecuațiilor stratului limită dinamic și termic*, metodă ce necesită soluția simultană a ecuațiilor diferențiale care descriu mișcarea fluidului și transferul de energie în fluid. Metoda presupune că mecanismul fizic este suficient de bine cunoscut pentru a fi descris în limbaj matematic. Această condiție preliminară limitează mult utilizarea metodei, deoarece ecuațiile matematice complete ale mecanismelor de curgere a fluidelor și de transfer de energie pot fi scrise și rezolvate numai pentru mișcarea laminară și corpuri geometrice simple. În cadrul acestei metode, ipotezele făcute pot fi experimentate precis, iar validitatea lor verificată experimental.

c) *Analiza aproximativă a stratului limită dinamic și termic*, metodă ce se bazează pe ecuații simplificate pentru distribuția de viteză și temperatură în stratul limită, dinamic și termic, care este analizat, apoi, numai macroscopic. Această metodă relativ simplă dă soluții multor probleme tehnice uzuale. Soluțiile aproximative diferă de soluțiile exacte prin valori cuprinse în limitele cerute de precizia tehnică. Analiza aproximativă este aplicabilă atît curgerii laminare, cît și celei turbulente.

d) *Analogia dintre transferul de căldură, masă și impuls*, metodă specifică studiului proceselor de convecție turbulente.

În practică, **c. de c.** sînt calculați din ecuații criteriale, obținute printr-una din metodele descrise mai sus, avînd la bază date experimentale. Forma generală a *ecuațiilor criteriale* este de tipul:

$$\mathrm{Nu}=f(\mathrm{Re}, \mathrm{Pr}, \mathrm{Gr}, \mathrm{Pe}, \mathrm{St}, \ldots),$$

unde Nu, Re, St, Pr, Gr, Pe, ... reprezintă, respectiv, criteriile: Nusselt, Reynolds, Stanton, Prandlt, Grashof, Peclet etc.

C. de c. se determină, apoi, din relațiile $\alpha=\mathrm{Nu}\,\frac{\lambda}{l}$.

În tabelul C.28 se dau limitele aproximative de variație a **c. de c.** și a numărului Pr pentru unele fluide și procese de convecție.

CONVECȚIE (Ecuațiile diferențiale). Ansamblu de ecuații care descrie curgerea unui fluid și transferul de energie într-un proces de convecție.

Ecuația transferului de căldură exprimă egalitatea dintre fluxul unitar de căldură transmis prin conductivitate, exprimat prin relația lui Fourier și fluxul unitar de căldură, transmis prin convecție, exprimat prin relația lui Newton, adică:

$$\alpha(t_p-t_f)=-\lambda\left(\frac{\partial t}{\partial n}\right),$$

unde n este normala la suprafața peretelui.

Ecuația energiei reprezintă bilanțul de energie pentru un element infinitezimal dx, dy, dz de fluid incompresibil, omogen, fără surse interioare de căldură, cu parametrii fizici λ, c_p, ρ și $a=\lambda/c_p\cdot\rho$, scris în forma:

$$\frac{\partial t}{\partial \tau}+w_x\frac{\partial t}{\partial x}+w_y\frac{\partial t}{\partial y}+w_z\frac{\partial t}{\partial z}=$$
$$=a\left(\frac{\partial^2 t}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 t}{\partial y^2}+\frac{\partial^2 t}{\partial z^2}\right),$$

în care w_x, w_y, w_z sînt componentele vitezei fluidului după axele x, y, z. Ecuația descrie distribuția temperaturii într-un fluid în mișcare.

Ecuațiile de curgere a unui fluid vîscos sînt ecuațiile *Navier-Stokes*, valabile atît pentru curgerea laminară, cît și turbulentă:

$$\rho\frac{\partial w_x}{\partial \tau}+\rho\left(w_x\frac{\partial w_x}{\partial x}+w_y\frac{\partial w_x}{\partial y}+w_z\frac{\partial w_x}{\partial z}\right)=$$
$$=\rho_x\cdot g_x-\frac{\partial p}{\partial x}+\eta\left(\frac{\partial^2 w_x}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 w_x}{\partial y^2}+\frac{\partial^2 w_x}{\partial z^2}\right)$$
$$\rho\frac{\partial w_y}{\partial \tau}+\rho\left(w_x\frac{\partial w_y}{\partial x}+w_y\frac{\partial w_y}{\partial y}+w_z\frac{\partial w_y}{\partial z}\right)=$$
$$=\rho_y\cdot g_y-\frac{\partial p}{\partial y}+\eta\left(\frac{\partial^2 w_y}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 w_y}{\partial y^2}+\frac{\partial^2 w_y}{\partial z^2}\right)$$
$$\rho\frac{\partial w_z}{\partial \tau}+\rho\left(w_x\frac{\partial w_z}{\partial x}+w_y\frac{\partial w_z}{\partial y}+w_z\frac{\partial w_z}{\partial z}\right)=$$
$$=\rho_z\cdot g_z-\frac{\partial p}{\partial z}+\eta\left(\frac{\partial^2 w_z}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 w_z}{\partial y^2}+\frac{\partial^2 w_z}{\partial z^2}\right).$$

În aceste relații, g_x, g_y, g_z reprezintă proiecțiile accelerației gravitației pe axele x, y, z, iar p presiunea fluidului.

Ecuația de continuitate exprimă legea conservării masei [v. **Continuitate (Ecuație de)**].

Pentru rezolvarea matematică a acestor ecuații diferențiale, procesele respective de transfer de căldură se particularizează prin următoarele tipuri de condiții de unicitate:

— condiții geometrice, care caracterizează forma și dimensiunile peretelui despărțitor dintre fluid și perete;

— proprietățile fizice ale fluidului;

— condiții de contur, care descriu caracteristicile particulare ale procesului la limita de separație între fluid și corpul solid;

— condiții inițiale, care descriu caracteristicile procesului la momentul inițial.

CONVECȚIE FORȚATĂ. Proces de transfer de căldură prin convecție între un fluid aflat în mișcare peste suprafața unui perete, mișcarea fluidului fiind produsă sub acțiunea unor

Scanned with OKEN Scanner

forțe mecanice exterioare (pompă, ventilator etc.). În funcție de spațiul unde se desfășoară, **c.f.** poate avea loc în spațiu limitat (curgerea prin conducte sau canale) sau în spațiu nelimitat (curgerea peste cilindri și fascicule de cilindri).

C. f. în spațiu limitat (curgerea prin conducte și canale) este un proces caracteristic de încălzire sau răcire a fluidelor la curgerea lor printr-o gamă largă de aparate termotehnice (ex.: schimbătoare de căldură, echipamente de aer condiționat sau frigorifice, generatoare de abur), sau prin conducte termice.

Structura relațiilor criteriale de calcul a coeficientului de schimb de căldură prin canal, în acest caz, depinde de regimul de curgere a fluidului și anume:

În regim laminar și tranzitoriu, schimbul de căldură este determinat de existența simultană a mișcării forțate și libere, cînd

$$Nu_f = f(Re, Gr, Pr)_f \cdot \varepsilon_t \cdot \varepsilon_l,$$

ca de exemplu, în relațiile:

$$Nu_f = 0{,}17 \cdot Re_f^{0,33} \cdot Pr_f^{0,43} \cdot Gr_f^{0,1} \cdot \left(\frac{Pr_f}{Pr_p}\right)^{0,25}$$

(condiții de valabilitate $Re_f > 2\,320$; $l/d > 50$) pentru regim laminar și:

$$Nu_f = 0{,}116(Re_f^{2/3} - 125) \cdot Pr_f^{1/3} \cdot \cdot \left(\frac{\eta_f}{\eta_p}\right)^{0,14} \cdot \left[1 + \left(\frac{d}{l}\right)^{2/3}\right],$$

(valabilă pentru $2\,100 < Re < 10^4$) pentru regim tranzitoriu.

În regim turbulent, schimbul de căldură depinde numai de mișcarea forțată, astfel încît:

$$Nu_f = f(Re, Pr)_f \cdot \varepsilon_t \cdot \varepsilon_l \cdot \varepsilon_r,$$

ca de exemplu, în relațiile:

$$Nu_f = 0{,}021 \cdot Re_f^{0,8} \cdot Pr_f^{0,43} \cdot \left(\frac{Pr_f}{Pr_p}\right)^{9,25}$$

(variabile pentru $10^4 < Re < 5 \cdot 10^6$; $0{,}6 < Pr < 2\,500$; $l/d > 50$)

$$Nu_f = 0{,}023 \cdot Re_f^{0,8} \cdot Pr_f^{1/3} \cdot \left(\frac{\eta_f}{\eta_p}\right)^{0,14}$$

(variabilă pentru $Re > 10^4$; $0{,}7 < Pr < 17\,000$; $l/d > 60$); ε_t, ε_l și ε_r sînt coeficienții de corecție care țin seama de efectul temperaturii stratului limită, al porțiunii de intrare în conductă sau canal și de schimbarea direcției de curgere a fluidului; d — diametrul interior sau diametrul hidraulic echivalent al canalului; l — lungimea țevii sau canalului. Proprietățile fizice ale fluidului se vor considera astfel: pentru indicele f — la temperatura medie a fluidului t_f; pentru indicele p — la temperatura peretelui t_p.

Pentru anumiți agenți termici cu aplicație largă, proprietățile termofizice ale lor sînt dependente de temperatură. Astfel, pentru apă, în intervalul de temperatură $t = 0 - 200°C$, coeficientul de convecție la curgerea turbulentă prin țevi sau canale se poate calcula cu expresia:

$$\alpha = \Phi(t) \frac{w_0^{0,8}}{d^{0,2}} =$$

$$= (1\,430 + 23{,}3t - 0{,}048 \cdot t^2) \frac{w_0^{0,8}}{d^{0,2}} \quad [W/m^2 \cdot K],$$

în care w_0 este viteza medie a apei la starea normală [m_N/s]; d — diametrul interior sau hidraulic echivalent [m]; t — temperatura medie a apei [°C].

Schimbul de căldură prin **c. f.** prin interiorul canalului sau canalelor este influențat de următorii factori:

a) *Sensul de trecere al căldurii.* El acționează asupra distribuției vitezei și temperaturii în stratul limită. Astfel, profilul vitezei în stratul limită se aplatizează la încălzirea fluidelor și se alungește la răcirea acestora (fig. C.206). Considerarea în calcule a influenței variației proprietăților stratului limită asupra coeficientului de convecție α se face cu ajutorul unor factori de corecție de forma:

$$\varepsilon_t = \left(\frac{Pr_f}{Pr_p}\right)^{0,25};$$

$$\varepsilon_t = \left(\frac{\eta_f}{\eta_p}\right)^{0,14}$$

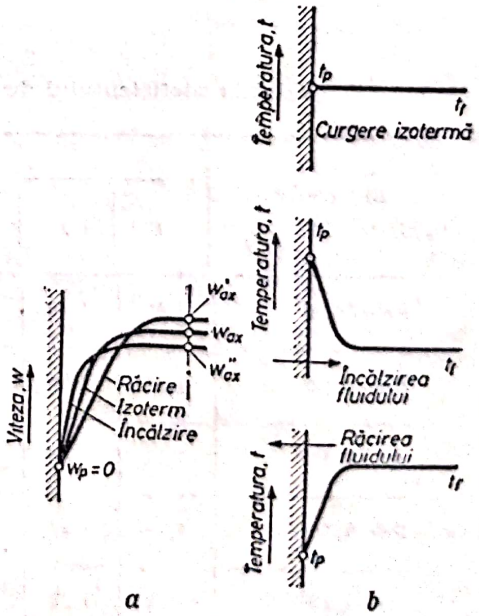


Fig. C.206. Distribuția vitezei (*a*) și a temperaturii (*b*) în condiții izoterme de încălzire și răcire a lichidului.

b) *Porțiunea de intrare în conductă sau canal.* La intrarea în canal, valoarea coeficientului α, ca urmare a măririi turbulenței în această zonă, a frecării vîscoase a fluidului cu peretele și a formării stratului limită este mult influențată. Pe parcursul porțiunii de intrare are loc dezvoltarea completă a curgerii pînă la atingerea formei finale a profilului vitezei și temperaturii, deosebindu-se o lungime hidrodinamică de intrare, respectiv, o lungime termică de intrare. În mișcarea laminară, stabilizarea curgerii se realizează pe parcursul a 50 diametre de la intrare, iar în curgerea puternic turbulentă, pe parcursul a 10—15 diametre.

În tabelul C.29 sînt date valorile coeficientului de corecție ε_l care se aplică la calculul coeficientului α pentru zona de intrare a conductelor sau canalelor.

c) *Schimbarea direcției de curgere a fluidului* în coturi, curbe, serpentine mărește valoarea coeficientului de convenție α în comparație cu conductele drepte, datorită mișcării centrifuge. Fluidul este presat către peretele exterior, apărînd o așa-numită circulație secundară în secțiunea transversală, care intensifică turbulența. Efectul mișcării centrifuge se reduce cu creșterea razei de curbură. Coeficientul ε_r, care ține seama de mărimea coeficientului α, în conductele curbe, se poate determina cu expresia:

$$\varepsilon_r = 1 + 1{,}77 \frac{d}{R},$$

unde R este raza curburii [m]; d — diametrul conductei [m].

d) *Efectul criteriului Prandtl.* Criteriul Pr exprimă legătura dintre profilul vitezei și profilul temperaturii pentru un fluid în curgere lîngă un perete. Pentru fluidele avînd Pr=1 cele două profile sînt similare. În schimb, pentru fluide cu Pr>1 sau cu Pr<1 cele două distribuții sînt mult diferite. În fig. C.207 este prezentat efectul criteriului Prandtl asupra gradientului temperaturii în stratul limită, la curgerea turbulentă cu Re=10 000. Cu creșterea criteriului Re, curbele de distribuție a temperaturii suferă o aplatizare. Curbele arată că, la un anumit număr Re, gradientul temperaturii la perete este mai mare pentru fluidele cu numere Pr mari, în comparație cu fluidele cu numere Pr

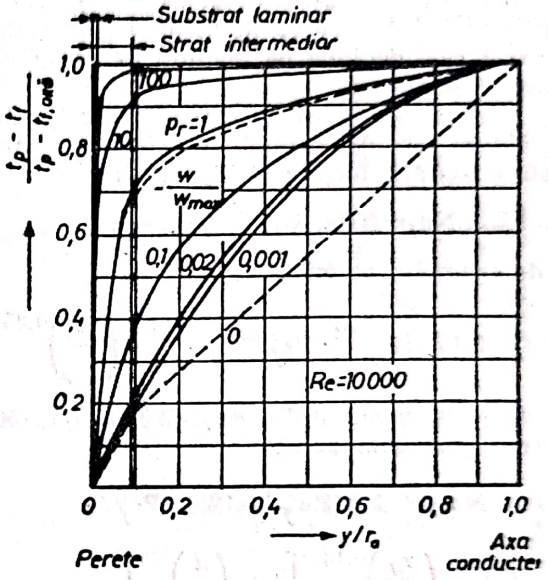


Fig. C.207. Efectul criteriului Prandtl asupra gradientului de temperatură în stratul limită, la curgerea turbulentă: y — distanța față de perete; r_0 — raza conductei.

Tabelul C.29

Valorile coeficientului de corecție ε_l pentru conducte scurte

Regimul de curgere	Valoarea raportului l/d							
	1	2	5	10	20	30	40	50
Re<2 100	1,90	1,70	1,44	1,28	1,13	1,05	1,02	1
Re=1.10⁴	1,65	1,50	1,34	1,23	1,13	1,07	1,03	1
Re=2.10⁴	1,51	1,40	1,27	1,18	1,10	1,05	1,02	1
Re=5.10⁴	1,34	1,27	1,18	1,13	1,08	1,04	1,02	1
Re=1.10⁵	1,28	1,22	1,15	1,10	1,06	1,03	1,02	1
Re=1.10⁶	1,14	1,11	1,08	1,05	1,03	1,02	1,01	1

Scanned with OKEN Scanner

mici. În consecință, pentru același număr Re, fluidele cu numere Pr mari realizează numere Nu mari. La aceste fluide, mecanismul schimbului de căldură prin convecție se desfășoară, în principal, în stratul limită, prin conducție și amestec, rezistența termică fiind concentrată în straturile de lîngă perete. Spre deosebire de aceste fluide, lichidele metalice, avînd numere Pr mici, au rezistența termică la convecție mai uniform distribuită în toată secțiunea transversală; acest lucru arată că la aceste lichide aportul conducției este determinant, mișcarea de amestec avînd un rol secundar. Pentru metalele lichide structura relațiilor criteriale este:

$$Nu=7+0{,}025\ Pe^{0,8},$$

valabilă pentru flux termic unitar constant în lungul canalului.

e) *Rugozitatea pereților.* Relațiile pentru calculul lui α sînt stabilite pentru pereți netezi. Prin natura sa, fenomenul de convecție are loc în cea mai mare parte în stratul limită de fluid de lîngă perete, acesta fiind la rîndul său influențat de starea suprafeței de schimb de căldură, respectiv de rugozitatea acesteia. Rugozitatea produce două efecte opuse: mărirea simultană a coeficientului de convecție α și a coeficientului de frecare liniară f (și implicit a puterii de pompare). Creșterea lui α se datorează reducerii rezistenței termice a stratului limită prin micșorarea grosimii acestuia, produsă de turbulența superficială sporită. Prin utilizarea rugozității artificiale, realizată cu diverse geometrii de promotori de turbulență, s-au obținut, în comparație cu suprafețele netede, creșteri ale coeficientului de convecție α de 20—200% pentru măriri ale coeficientului de frecare de 1,4—4 ori.

C. f. în spațiu nelimitat (la curgerea peste cilindri și fascicule de țevi) are numeroase aplicații tehnice, între care: schimbătoarele de căldură tubulare, fasciculele convective de țevi din cazanele de abur etc. Atît pentru curgerea laminară, cît și pentru cea turbulentă, structura relațiilor criteriale este următoarea:

$$Nu_f=f(Re, Pr)_f\cdot\varepsilon_l.$$

Relațiile valabile pentru un cilindru, la curgerea transversală a fluidului peste axa cilindrului sînt:

$$Nu_f=0{,}56\cdot Re_f^{0,5}\cdot Pr_f^{0,36}\cdot\left(\frac{Pr_f}{Pr_p}\right)^{0,25}\quad\text{pentru}\quad Re_f<10^3,$$

$$Nu_f=0{,}28\cdot Re_f^{0,36}\cdot Pr_f^{0,36}\cdot\left(\frac{Pr_f}{Pr_p}\right)^{0,25}\quad\text{pentru}\quad Re_f>10^3.$$

La curgerea normală a fluidului peste un cilindru, coeficientul de convecție α este variabil pe circumferință, astfel încît relațiile de calcul de mai sus determină valoarea lui medie.

În cazul curgerii oblice peste un cilindru sub unghiul φ, coeficientul de convecție α_φ se calculează cu expresia:

$$\alpha_\varphi=\varepsilon_\varphi\cdot\alpha_{90°},$$

în care $\alpha_{90°}$ corespunde curgerii normale ($\varphi=90°$) peste axa cilindrului, iar ε_φ este un coeficient de corecție dat în tabelul C.30.

Tabelul C.30

Valorile coeficientului de corecție ε_φ

φ	90°	70°	60°	50°	40°	30°	20°
ε_φ	1	0,98	0,94	0,86	0,76	0,65	0,60

La curgerea transversală peste un fascicul de țevi, coeficientul de convecție depinde de așezarea țevilor în fascicul (paralelă, alternativă) și de numărul de rînduri de țevi în sensul curgerii, primele rînduri avînd coeficienți α mai reduși.

Coeficientul de convecție mediu pentru un fascicul de țevi cu n rînduri se calculează ca o medie ponderată:

$$\bar{\alpha}=\frac{\alpha_1S_1+\alpha_2S_2+\ldots+\alpha_nS_n}{S_1+S_2+\ldots+S_n},$$

unde $\alpha_1, \alpha_2 \ldots \alpha_n$ reprezintă coeficientul α de pe rîndurile 1, 2, 3, ... n, iar $S_1, S_2, \ldots S_n$ suprafața de schimb de căldură a tuturor țevilor de pe rîndurile 1, 2, ... n.

Cînd curgerea fluidului este paralelă cu fasciculul de țevi, coeficientul de convecție α se calculează cu relații de tipul celor prezentate mai sus în care lungimea caracteristică a curgerii este diametrul hidraulic echivalent.

CONVECȚIE LIBERĂ. Proces de transfer de căldură prin convecție între un perete și un fluid a cărui mișcare este produsă numai de diferența de densitate a fluidului, datorată procesului de încălzire sau răcire. Acest tip de transfer de căldură depinde de geometria sistemului, deosebindu-se, astfel, **c.l.** în spații mari și **c.l.** în spații mici.

C. l. în spații mari este specifică procesului din aparatele de schimb de căldură cu acumulare cu serpentină de încălzire, al suprafețelor plane, curbe, cilindrice așezate în aer, al construcțiilor civile etc. Natura mișcării laminare sau turbulente depinde de diferența de temperatură între perete și fluid.

În majoritatea cazurilor, ecuațiile criteriale ale acestor procese au forma:

$$Nu=f(Gr\cdot Pr),$$

unde Nu, Gr, Pr reprezintă criteriile Nusselt, Grashof, respectiv Prandtl.

De exemplu, pentru fluide cu $Pr\geq 0,7$ și corpuri cu orice geometrie, coeficientul de convecție α se poate determina cu relația:

$$Nu_m=C(Gr\cdot Pr)_m^n,$$

în care coeficientul C și exponentul n au valorile din tabelul C.31. Indicele m arată că proprietățile fizice ale fluidului din criteriile respective se determină la temperatura medie a stratului limită $t_m=0,5\ (t_p+t_f)$, ca medie aritmetică a temperaturii peretelui t_p și a temperaturii fluidului t_f.

Tabelul C.31

Valorile mărimilor C și n

$(Gr\cdot Pr)_m$	C	n
$0<Gr\cdot Pr<10^{-3}$	0,5	0
$10^{-3}<Gr\cdot Pr<500$	1,18	1/8
$500<Gr\cdot Pr<2\cdot 10^7$	0,54	1/4
$2\cdot 10^7<Gr\cdot Pr<10^{13}$	0,135	1/3

C. l. în spații mici este un proces specific în cazul izolațiilor termice, realizate sub forma straturilor înguste de gaze între suprafețele paralele a doi pereți. Intensitatea schimbului de căldură convectiv în spații înguste este determinat de condițiile de contur (forma spațiului, poziția relativă a suprafețelor calde și reci) și de viscozitatea fluidului. Cu cît spațiul disponibil pentru mișcarea fluidului este mai mic, cu cît el va avea ca efect o frînare a vitezei de deplasare a fluidului și, ca urmare, o mișcare a fluxului termic. În spațiu limitat, micșorarea liberă se face practic întotdeauna în regim laminar; ca urmare, trecerea căldurii se face cu precădere prin conducție, aportul convecției depinzînd de existența condițiilor de activare a mișcării.

Fluxul de căldură Q (fig. C.208) între două suprafețe paralele cu temperaturile t_{p_1} și t_{p_2} [°C], despărțite printr-un strat de fluid cu grosimea δ [m], se poate calcula cu relația generală a conducției termice:

$$Q=q_s\cdot S=\frac{\lambda_{ech}}{\delta}\cdot S\cdot(t_{p_1}-t_{p_2})\quad [W],$$

în care:

$$\lambda_{ech}=\lambda\cdot\varepsilon_c,$$

unde: q este densitatea fluxului termic [W/m²] S — suprafața de schimb de căldură [m²]; λ_{ech} — conductivitatea termică echivalentă [W/m·K]; λ — conductivitatea termică a fluidului [W/m·K.]

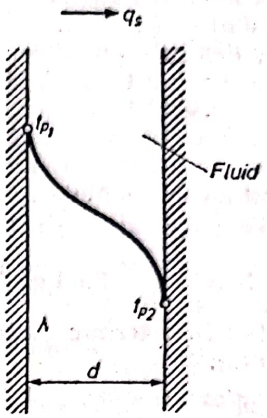


Fig. C.208. Fluxul de căldură între două suprafețe paralele.

Coeficientul adimensional de corecție ε_c ține seama de influența conducției și se calculează cu expresii de forma:

$$\varepsilon_c=f(Gr_f,\ Pr_f),$$

în care indicele f arată că proprietățile fizice ale fluidului se determină la temperatura medie a acestuia $t_f=0,5\ (t_{p_1}+t_{p_2})$.

În tabelul C.32 se dau unele relații pentru calculul coeficientului de corecție ε_c și condițiile respective de valabilitate pentru **c. l.**

Tabelul C.32

Relații pentru calculul coeficientului de corecție ε_c

Condiția de valabilitate	Relația de calcul
$0<Gr_f\cdot Pr_f<10^3$	$\varepsilon_c=1$
$10^3<Gr_f\cdot Pr_f<10^6$	$\varepsilon_c=0,105(Gr_f\cdot Pr_f)^{0,3}$
$10^6<Gr_f\cdot Pr_f<10^{10}$	$\varepsilon_c=0,4(Gr_f\cdot Pr_f)^{0,2}$

CORECȚIE DE PUTERE. Corectare a puterii unui motor cu ardere internă, măsurată la bancul de probă, în raport cu condițiile atmosferice exterioare standard (presiunea și temperatura mediului ambiant al motorului, în standul de probe, în raport cu presiunea și temperatura standard). Valorile standard ale presiunii și temperaturii (conform standardelor în vigoare în România) sînt: $p_{0_s}=750$ mm Hg și, respectiv, $t_{0_s}=25$°C ($T_{0_s}=298$ K).

Scanned with OKEN Scanner

Corectarea puterii se efectuează cu relația:

$$P_c = k \cdot P \text{ [kW], [CP]},$$

în care: P_c este puterea corectată; P — puterea măsurată la bancul de probe; k — factorul de corecție, care se calculează cu ajutorul formulei:

$$k = \frac{p_{o_s}}{p_o}\left(\frac{T_o}{T_{o_s}}\right)^{1-m},$$

unde p_0 și T_0 sînt valorile presiunii și temperaturii aerului aspirat în motor, măsurate la bancul de probe, iar m — un coeficient care depinde de tipul motorului (pentru motoare cu aprindere prin scînteie $m=0{,}5$; pentru motoare cu aprindere prin comprimare $m=0{,}35$).

COȘ DE GAZE. Construcție de zidărie sau metalică, folosită pentru evacuarea gazelor rezultate în urma arderii combustibililor sau pentru eliminarea gazelor calde sau nocive provenite de la diverse procese tehnologice, în vederea păstrării unei atmosfere neviciate în incintele de lucru.

Mișcarea gazelor prin coș este asigurată de o diferență de presiune, denumită tiraj. Ea se produce natural sau artificial. În primul caz, mișcarea gazelor are loc gravitațional, datorită diferenței dintre densitatea aerului atmosferic și aceea a gazelor din coș. În al doilea caz, în afară de această forță gravitațională, naturală, se imprimă gazelor o viteză suplimentară fie prin intermediul unui ventilator, fie prin efectul de ejecție creat de un alt fluid. Pentru ca tirajul natural să se poată realiza și întreține, trebuie ca forța ascensională creată de densitate să poată acoperi rezistențele gazodinamice de pe traseul aer-gaze de ardere și să imprime gazelor de ardere viteza necesară de ieșire pe gura coșului. După cum instalația deservită este fixă sau mobilă, se deosebesc **c. de g.** pentru instalație fixă sau pentru instalație mobilă.

C. de g. pentru o instalație fixă evacuează gazele de la instalația respectivă (gaze provenite din arderea combustibililor de la generatoarele de abur, cuptoarele industriale, forje etc.). El este construit în general dintr-o fundație, un trunchi și un vîrf (fig. C.209). Dimensiunile principale ale coșului sînt: înălțimea, secțiunea de bază și secțiunea la vîrf. Aceste dimensiuni depind de tipul tirajului, cantitatea orară de gaze, combustibilul ars, temperatura gazelor la baza și vîrful coșului, viteza gazelor la vîrful coșului (recomandat $w \leqslant 24$ m/s), forma secțiunii coșului, natura suprafeței interioare a coșului, materialul de construcție.

După natura materialului din care se construiesc, **c. de g.** pot fi din tablă de oțel sau de zidărie.

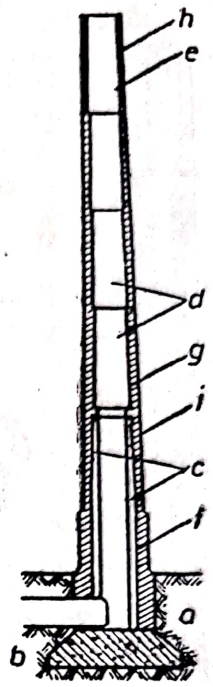


Fig. 209. Secțiune printr-un coș de gaze din zidărie: *a* — fundație; *b* — canal de fum și de gaze de ardere; *c* — căptușeală interioară din cărămidă refractară; *d* — tobe tronconice; *e* — gură de ieșire a gazelor; *f* — soclu; *g* — trunchi; *h* — cap; *i* — căptușeală izolantă.

C. de g. *din tablă de oțel* cu grosimea de cca 3—10 mm au secțiunea circulară. Materialul se alege în funcție de natura gazelor ce circulă prin **c. C. de g.** se vopsește pe partea exterioară contra oxidării, iar pe partea interioară se protejează contra coroziunii gazelor (dacă este cazul). În funcție de înălțimea lor, **c. de g.** metalice se ancorează cu cabluri la 2/3 de la bază, sau sînt ghidate și sprijinite de construcții metalice tip „grinzi cu zăbrele", pentru a rezista presiunii vîntului. Ancorarea cu cabluri este folosită în mod uzual pentru **c. de g.** de înălțime mică și mijlocie ($h < 50$ m) de tip autoportant.

Un alt mod de execuție al unui **c. de g.** pentru capacitate mare și pentru focare ce ard cu păcură este arătat în fig. C.210. El constă dintr-un schelet de oțel a cărei secțiune este triunghiulară și care se reduce cu înălțimea și din trei canale de gaze care se află amplasate pe laturile triunghiului. Turnul este prevăzut cu platforme de susținere de care se prind suporții canalelor de gaze, precum și cu platforme de deservire. Dilatările sînt preluate

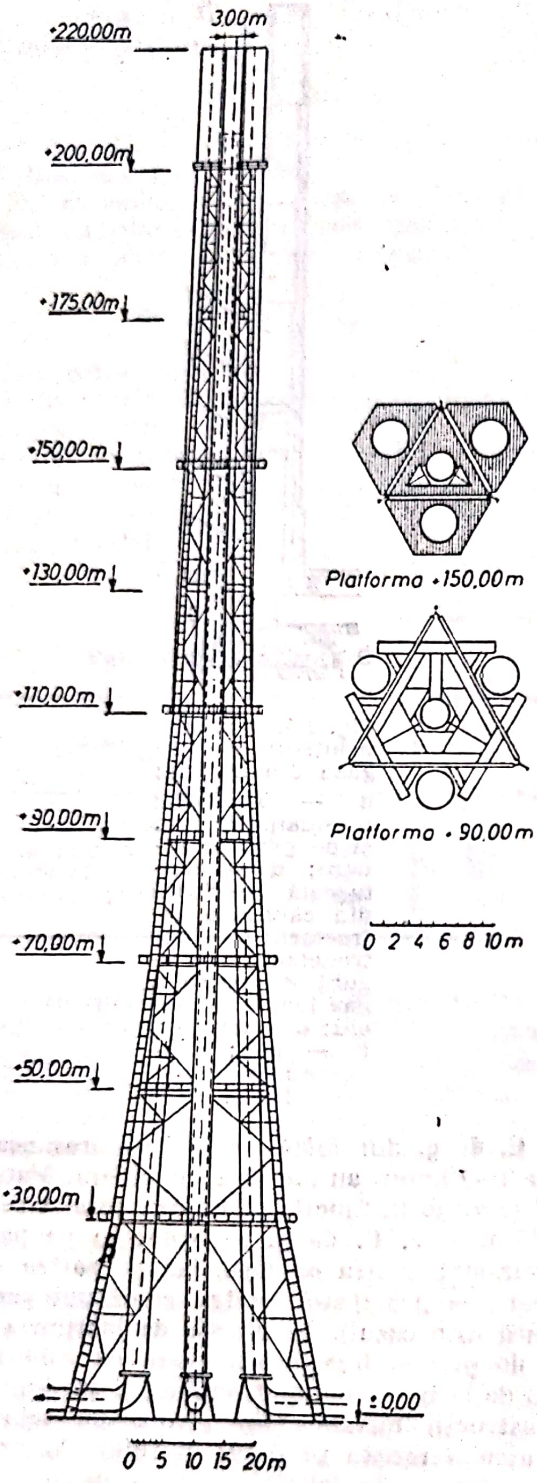


Fig. C.210. Coș de gaze triplu, cu schelăria turnului din oțel.

de compensatori mecanici. Pentru a se evita răcirea gazelor sub temperatura de rouă, canalele din tablă de oțel sînt izolate în exterior cu vată minerală, acoperită cu tablă din aluminiu sau zinc. În partea superioară, canalele de gaze sînt cositorite atît în interior, cît și în exterior, pe o lungime de cca 10 m.

C. de g. *din zidărie* poate avea secțiunea pătrată sau circulară și poate fi construit din beton sau din cărămidă. Dacă temperatura gazelor depășește 250°C, atunci c. de g. se construiește cu căptușeală din cărămidă refractară pe care se aplică un strat spongios izolator termic și apoi un perete de beton (simplu sau dublu). O importanță deosebită o prezintă alegerea materialului de căptușeală, care trebuie să fie rezistent la acțiunea acizilor ce se pot forma la atingerea temperaturii de rouă în timpul funcționării, dar mai ales la pornirea și oprirea instalației (ex.: acidul sulfuric care are acțiune corosivă atît asupra betonului, cît și a fierului). Căptușeala antiacidă și izolația refractară este susținută pe console inelare de beton. În cazul cînd instalația (ex.: cazan de abur sau cuptoare de agenți organici) funcționează permanent sau temporar cu combustibil ce are în compoziția lui sulf (ex.: păcură cu sulf, sau gaze combustibile ce conțin hidrogen sulfurat), este indicat, ca între căptușeala antiacidă și refractară pe de o parte și betonul armat care reprezintă mantaua exterioară, să se lase un spațiu intermediar care poate fi aerisit. Astfel, se evită pătrunderea gazelor cu conținut de sulf la betonul armat care reprezintă partea de rezistență a coșului (fig. C.211). Pentru instalațiile care ard păcură cu sulf, coloana interioară a c. de g. se mai poate con-

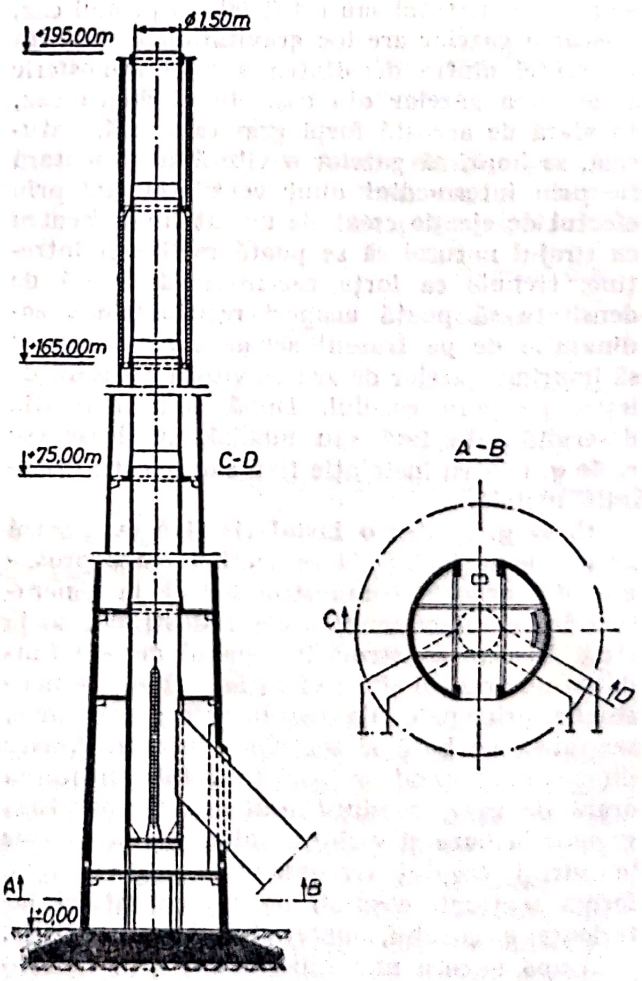


Fig. C.211. Coș de gaze din beton cu două camere.

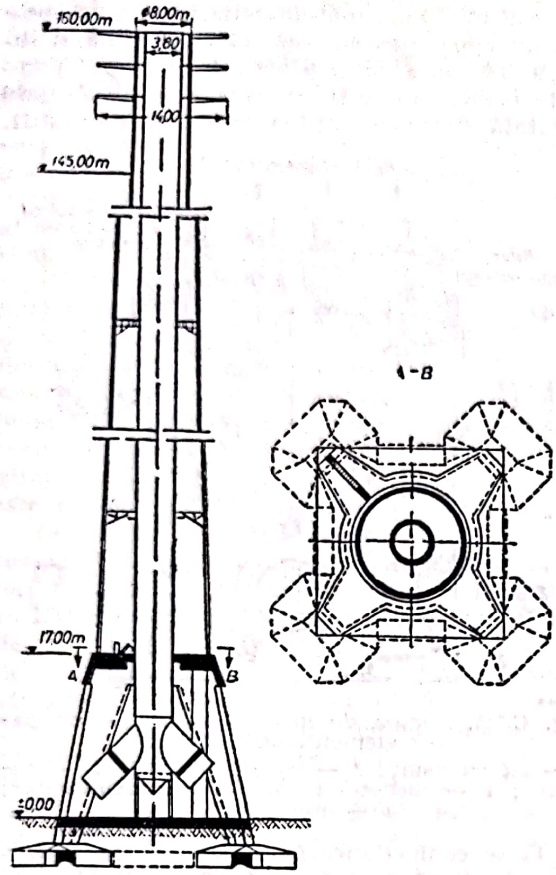


Fig. C.212. Coș de gaze din beton cu un cilindru interior din tablă.

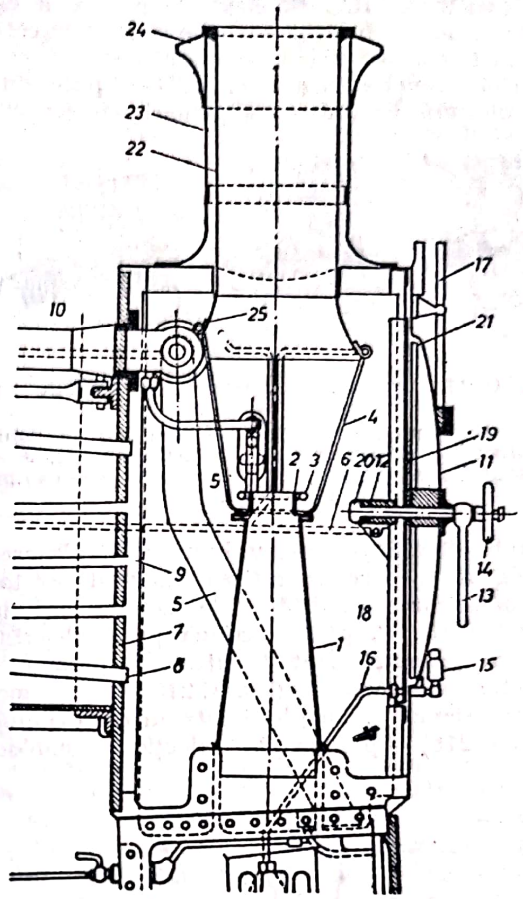


Fig. C.213. Camera de fum și coșul unei locomotive cu abur:
1 — țeavă de emisie; *2* — cap de emisie; *3* — suflător; *4* —cameră parascînteie; *5* — țeavă de admisie; *6* — țeavă de stropiere în camera de fum; *7* — placa tubulară a camerei de fum; *8* — țeavă de fum; *9* — tiranți longitudinali; *10* — țeavă de comunicație; *11* — ușa camerei de fum; *12* — traversă de închidere a ușii camerei de fum; *13* — mîner; *14* — volan; *15* — ungător; *16* — țeavă de curgere; *17* — suport de felinar; *18* — cameră de fum; *19* — contraușă; *20* — blocare mîner; *21* — garnitură; *22* — coș.

strui din tablă de oțel, ceea ce permite o etanșare mai bună. În fig. C.212 este arătată o astfel de construcție sudată, cu cilindru exterior din tablă, suspendat la o anumită înălțime (cca 145 m) și ghidat pe platformele intermediare pentru dilatările pe verticală ale coloanei de metal. Partea superioară a **c. de g.** este cositorită în scopul protecției anticorosive (cca 10 m), deoarece în această zonă apare pericolul formării acizilor. Cilindrul interior din tablă este izolat în exterior cu vată minerală, iar spațiul dintre el și coloana de beton poate fi aerisit și controlat. Un alt avantaj al acestui coș interior de tablă constă în faptul că se poate mări viteza de curgere a gazelor pînă la 40 m/s, deoarece rezistența gazodinamică a coloanei de tablă este mică. Astfel, se realizează un efect de ejectare a gazelor arse cu 20—30 m în plus peste cel obținut la **c. de g.** căptușite cu zidărie.

C. de g. pentru o instalație mobilă pot fi de două tipuri: de locomotivă cu abur și de navă.

C. de g. *pentru locomotivă cu abur.* Înălțimea **c. de g.** este limitată de gabarit, deși tirajul trebuie să fie puternic. Secțiunea este circulară sau tronconică, avînd baza mare deasupra, iar baza mică racordată la un alt tub evazat spre camera de fum (fig. C.213) care constituie și suportul coșului. El se construiește din tablă de oțel, iar suportul din fontă are o vizieră pentru a reduce efectul curentului de aer, precum și un capac manevrabil pentru cazul cînd grătarul nu ar avea o clapetă de închidere a aerului. **C.** fiind prea scurt pentru a se realiza un tiraj natural suficient, se crează un tiraj artificial cu un ejector cu abur.

C. de g. *pentru navă.* În cazul cînd este suficient un tiraj natural sau cînd sînt echipate cu motoare cu ardere internă, navele sînt de puteri mici. Dacă tirajul natural impune un **c. de g.** prea lung, se recurge la tirajul artificial cu un ventilator sau cu un ejector de abur. **C. de g.** se construiește din tablă.

Scanned with OKEN Scanner

CREMALIERĂ. Element de reglare a debitului de combustibil al pompelor de injecție cu piston-sertar pentru motoare diesel. **C.** este o tijă semicilindrică (fig. C.214), prevăzută cu dantură în vederea angrenării cu coroana

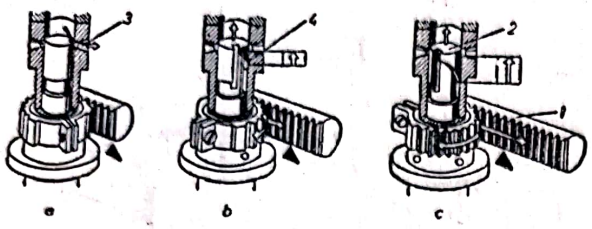


Fig. C.214. Cremaliera pompei de injecție cu piston-sertar:
a — debit nul; *b* — debit parțial; *c* — debit maxim; *1* — cremalieră; *2* — piston-sertar; *3* — orificiu de alimentare și descărcare; *4* — rampă elicoidală.

dințată fixată pe pistonul-sertar. Deplasarea axială a **c.** permite rotirea pistonului-sertar și modificarea cantității de combustibil în sensul dorit. **C.** poate acționa pistonul-sertar al unui singur element de injecție — pompe de injecție monosecțiune (fig. C.215) sau al mai multor elemenți, înglobați într-un corp comun (fig. C.216) — pompe de injecție monobloc,

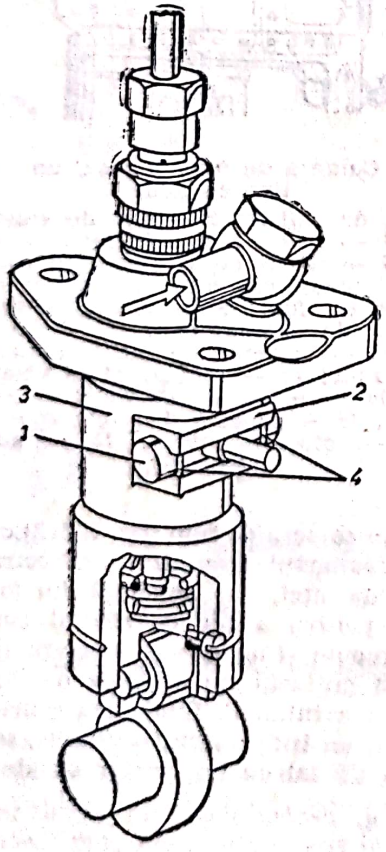


Fig. C.215. Pompă de injecție monosecțiune:
1 — cremalieră; *2* — ghidajul cremalierei; *3* — corpul pompei; *4* — limitatoare pentru debit nul și maxim.

cu mai multe secțiuni de pompare. La pompele de injecție monosecțiune, **c.** se sprijină și lunecă într-un ghidaj, practicat în corpul pompei, deplasarea într-un sens sau altul fiind limitată de două opritoare în formă de știft.

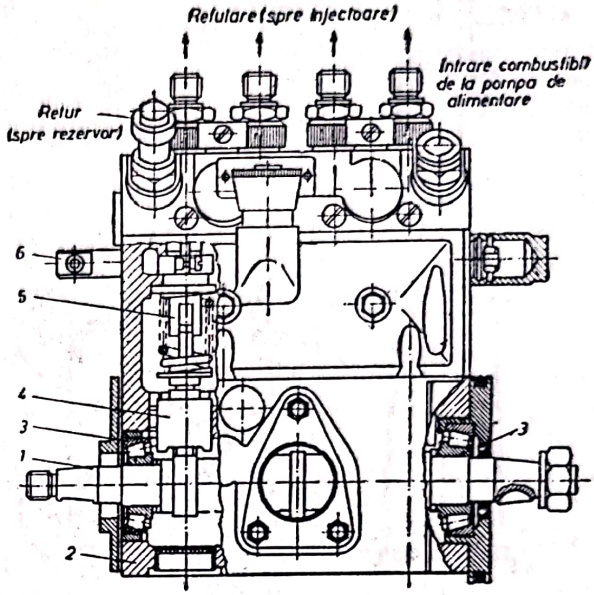


Fig. C.216. Pompă de injecție monobloc cu patru elemenți de injecție:
1 — ax cu came; *2* — corpul pompei; *3* — rulmenți; *4* — tachet cu rolă; *5* — piston-sertar; *6* — cremalieră.

C. se confecționează din oțeluri de cementare de tipul OLC 15, OLC 20 sau AUT 12, cărora li se aplică tratamente de durificare la suprafață (de obicei, carbonitrurarea sau nitrurarea în băi de săruri). Semifabricatele utilizate sînt bare trase. Execuția **c.** pompei de injecție se încadrează în exigențele valabile construcțiilor de mecanică fină.

CRIOGENIE. Domeniu al termotehnicii care se ocupă cu studiul proprietăților materiei într-un cîmp de temperaturi mult inferior temperaturii ambiante.

Datorită tehnicilor moderne de răcire, acest domeniu a ajuns pînă la cîteva milionimi de grad Kelvin. Printre fenomenele cele mai importante ale acestui domeniu se numără supraconductivitatea, superfluiditatea heliului, scăderea căldurilor specifice masice și polarizarea nucleară obținută sub efectul unui cîmp magnetic, fapt deosebit de interesant, mai ales în cazul substanțelor radioactive.

Producerea, menținerea și măsurarea temperaturilor joase necesită o tehnologie specifică. În general, dificultățile constau în construirea unor incinte adiabatice la temperaturi joase și în alegerea materialelor în funcție de proprietățile lor mecanice și termice. Primele experiențe la temperaturi joase au avut ca scop lichefierea gazelor zise „permanente", adică a acelor gaze imposibil de lichefiat prin comprimare la temperaturi uzuale. În 1898, *J. Dewar*, aplicînd procedeul Linde, a obținut hi-

Scanned with OKEN Scanner

drogen la presiunea atmosferică și la temperatura de 20,4 K. În 1908, *H. Kamerlingh Onnes* a reușit să lichefieze Heliu 4 (He^4) la presiunea atmosferică, coborînd temperatura la 4,2 K.

Pentru a obține temperaturi mai scăzute se poate aplica *metoda demagnetizării adiabatice a sărurilor*, procedeu preconizat independent de către *P. Debye* și *W. F. Giaugue* în 1926. Se ating ușor temperaturi de 10^{-2} K pentru un timp limitat de condițiile experimentale.

Un procedeu recent utilizează *răcirea produsă prin diluția în fază lichidă a* He^3 *în* He^4, permițînd atingerea unor temperaturi de ordinul 10^{-2} K, dar în regim permanent. În urma unor experiențe de demagnetizare nucleară (experiențe începute încă din 1956), s-au atins temperaturi de $1{,}6 \times 10^{-5}$ K. Imposibilitatea atingerii temperaturii de zero absolut (0 K) este o consecință a teoremei lui Nernst.

Fenomenul cel mai important întîlnit la temperaturi joase îl reprezintă *lichefierea gazelor „permanente"*. Principiul de lichefiere constă în răcirea izotermă a gazului și apoi în destinderea adiabatică a lui. Oxigenul și azotul pot fi lichefiate prin acest procedeu, la presiune atmosferică, la temperatura de 90 K și respectiv 77 K. Diferența de temperatură de lichefiere permite separarea din aer a acestor două fluide prin distilare fracționată. Hidrogenul, devenind lichid la 20 K, este adesea folosit în instalațiile de lichefiat heliul. Hidrogenul se prezintă sub două forme alotropice: orto- și para-hidrogen. Aceste două varietăți diferă prin orientarea relativă a momentelor magnetice ale nucleelor și a electronilor lor. Fluidul cel mai interesant pentru obținerea temperaturilor joase este heliul care se lichefiază la 4,2 K (la presiune atmosferică).

Proprietățile mecanice ale metalelor la temperatură joasă depind de structura cristalină a lor. Metalele care se cristalizează în sistemul cubic centrat (cum sînt diverse faze ale oțelului) prezintă fragilitate, făcînd imposibilă folosirea lor în instalații criogenice. În schimb, în cazul metalelor care cristalizează în sistemul cubic cu fețe centrate, se observă o creștere a durității, a rezistenței la tracțiune și a rezistenței la oboseală la temperaturi joase.

Părțile metalice componente ale instalațiilor frigorifice nu sînt monocristaline; rezultă că diagramele caracteristicilor mecanice ale lor, în funcție de temperatură, variază larg după compoziție.

Și materialele plastice, la temperaturi joase, au proprietăți mecanice care variază diferit în funcție de compoziția chimică. Astfel, anumite materiale plastice, cum ar fi polistirenul, dacă sînt introduse brusc în azot lichid, se contractă cu violență, rupîndu-se în bucăți. În cazul altora, de exemplu teflonul sau nailonul, rezistența la tracțiune și compresiune se mărește de zece ori, iar modulul de elasticitate, de douăzeci de ori, la temperaturi joase.

Coeficientul de dilatație termică a majorității solidelor scade pînă la zero la 0 K. Conductivitatea termică a solidelor poate fi descompusă în doi termeni: unul, datorat caracteristicii rețelei, și al doilea, datorat numărului de electroni liberi. În cazul cînd cel de-al doilea termen este preponderent (la metale), conductivitatea termică este mai ridicată decît cea a izolatoarelor sau semiconductoarelor. Conductivitatea termică a solidelor tinde către zero cu scăderea temperaturii, prezentînd însă între 10 K și 70 K un maxim cu atît mai pronunțat, cu cît materialul se apropie de un monocristal fără defecte sau impurități.

Variația cu temperatura a rezistivității electrice a unui metal diferă fundamental de cea a unui semiconductor. În cazul semiconductoarelor, rezistivitatea electrică crește exponențial cu scăderea temperaturii, datorită diminuării numărului purtătorilor de sarcini.

Independent de aceste considerații, 26 de elemente metalice și mai mult la 1 000 aliaje și compuși prezintă fenomenul de supraconductibilitate, fenomen caracterizat prin dispariția totală sau parțială a rezistenței electrice.

În c., pentru măsurarea temperaturii se utilizează ca etalon primar termometrul cu heliu gazos. Ca mărime fizică dependentă de temperatură se folosește fie presiunea unui volum constant de heliu (termometru cu gaz la volum constant), fie viteza de propagare a sunetului în He (termometre acustice). Drept instrumente secundare se pot folosi sondele semiconductoare sau metalice cărora li se măsoară rezistența, termocuplurile sau bulbii umpluți cu lichide cărora li se măsoară tensiunea de vapori.

Instalațiile de lichefiere a gazelor, funcționînd la presiuni ridicate, limitează alegerea materialelor la metale, ca bronzul, cuprul, oțelul inoxidabil, a căror rezistență la tracțiune crește cu scăderea temperaturii, fără o diminuare excesivă a rezilienței. Oțelul obișnuit nu poate fi utilizat, deoarece devine fragil la temperaturi sub 100 K. Folosirea oțelurilor inoxidabile prezintă avantaje importante: au conductivitate termică scăzută, ceea ce duce la diminuarea pierderilor de căldură; se sudează ușor în atmosferă de argon. În cazul cînd anumite subansambluri se construiesc demontabile, se folosesc garnituri din teflon (garniturile din cauciuc folosite la tamperatura ambiantă se întăresc la frig și nu mențin etanșeitatea). Din categoria materialelor izolatoare, cele mai bune sînt: aerul rarefiat, vata minerală, vata de sticlă și anumite rășini expandate. Vasele de tip Dewar se utilizează curent pentru manipularea unor cantități mici de gaz lichefiat.

Distilarea fracțională a aerului lichid este metoda curentă de producere a azotului și oxigenului pur — gaze folosite în mari cantități în industria metalurgică. Din oxigenul obținut la distilarea aerului și din deuteriul

Scanned with OKEN Scanner

din hidrogen se prodnce apă grea la un preț mai scăzut decît cel al apei grele obținute electrolitic. Oxigenul lichid este folosit ca oxidant în motoarele rachetelor în care combustibilul este uneori hidrogenul lichid. Heliul lichid, datorită punctului de lichefiere foarte scăzut, se folosește în dispozitivele supraconductoare.

CRITERIU ADIMENSIONAL (Sin.: Număr criterial; Criteriu). Grupare adimensională de proprietăți fizice ale corpurilor solide sau fluide (lichide sau gaze), utilizată în interpretarea și descrierea unor fenomene sau procese fizice.

În tabelul C.33 se prezintă principalele criterii utilizate în mecanica fluidelor și în transferul de căldură și masă. Semnificația mărimilor din acest tabel este următoarea: ν — viscozitatea cinematică a fluidului [m^2/s]; ρ — densitatea fluidului [kg/m^3]; η — viscozitatea dinamică a fluidului [$N \cdot s/m^2$]; c_p — căldura specifică a fluidului [$J/kg \cdot K$]; λ — conductivitatea termică a fluidului [$W/m \cdot K$]; a — difuzivitatea termică [m^2/s]; β — coeficientul de dilatare volumetrică [1/K]; r — căldura latentă de vaporizare [J/kg]; t — temperatura [K]; w — viteza fluidului [m/s]; l — lungimea caracteristică a curgerii [m]; α — coeficientul de convecție [$W/m^2 \cdot K$]; g — accelerația gravitației [m/s^2]; Δt — diferența de temperatură [K]; λ_p — conductivitatea termică a materialului peretelui [$W/m \cdot K$]; τ — timpul [s]; ρ, ρ_0 — densitatea fluidului în două puncte diferite [kg/m^3]; Δp — diferența de presiune [Pa]; G — debitul de fluid [kg/s]; D — coeficientul de difuzie [m^2/s]; a — viteza sunetului în fluid [m/s] (pentru criteriul Mach); k — coeficientul de transfer de masă [m/s]; σ — fluxul unitar de masă prin suprafața de separație dintre două fluide [$kg/m^2 \cdot s$].

Semnificația fizică a principalelor c.a. folosite este următoarea:

Criteriul Reynolds (Re) caracterizează regimul de curgere a fluidului și se definește ca raportul dintre forțele de inerție și forțele de viscozitate pentru unitatea de volum de fluid.

Criteriul Prandtl (Pr) caracterizează proprietățile fizice ale fluidului și reprezintă raportul dintre difuzivitatea moleculară a impulsului și difuzivitatea moleculară a căldurii (raportul dintre cîmpul de viteză și cel de temperatură).

Criteriul Péclet (Pe) se definește ca raportul dintre fluxurile de căldură transmise prin convecție, respectiv prin conducție, la aceeași diferență de temperatură.

Criteriul Nusselt (Nu) este raportul dintre rezistența termică la conducție și rezistența termică la convecție a fluidului, fiind utilizat în calculul coeficientului de convecție.

Criteriul Stanton (St) exprimă raportul dintre fluxul de căldură transmis prin convecție și fluxul de căldură înmagazinat de fluid; servește la determinarea coeficientului de convecție.

Criteriul Grashof (Gr) intervine în procesele de convecție liberă și caracterizează acțiunea reciprocă a forțelor ascensionale și a forțelor de viscozitate a fluidului.

Tabelul C.33

Criterii adimensionale

Denumirea criteriului	Simbol	Relația de calcul
Criteriul Reynolds	Re	$Re = wl/\nu = wl\rho/\eta$
Criteriul Prandtl	Pr	$Pr = \eta c_p \rho \nu/\lambda = \nu/a$
Criteriul Péclet	Pe	$Pe = RePr = wl/a$
Criteriul Nusselt	Nu	$Nu = \alpha l/\lambda$
Criteriul Stanton	St	$St = Nu/RePr$
Criteriul Grashof	Gr	$Gr = gl^3\beta\Delta t/\nu^2$
Criteriul Biot	Bi	$Bi = \alpha l/\lambda$
Criteriul Fourier	Fo	$Fo = a\tau/l^2$
Criteriul Rayleigh	Ra	$Ra = GrPr = g \cdot \beta \cdot l^2 \cdot \Delta t \cdot c_p \rho^2/\eta \cdot \lambda$
Criteriul Froude	Fr	$Fr = w^2/gl$
Criteriul Galilei	Ga	$Ga = Re^2/Fr = gl^3/\nu^2$
Criteriul Arhimede	Ar	$Ar = Ga(\rho - \rho_0/\rho)$
Criteriul Kutateladze	K	$K = r/c_p (t_l - t_p)$
Criteriul Newton	Ne	$Ne = R_f/\rho w^2 l^2$
Criteriul Euler	Eu	$Eu = \Delta p/\rho w^2$
Criteriul Graetz	Gz	$Gz = Gc_p/\lambda l$
Criteriul Schmidt	Sc	$Sc = \eta/\rho D = \nu/D$
Criteriul Mach	M	$M = w/a$
Criteriul Colburn	j	$j = StPr^{2/3} = Nu/RePr^{1/3}$
Criteriul Sherwood	Sh	$Sh = al/D$
Criteriul Lewis	Le	$Le = a/D = \alpha/\rho c_p D$

Scanned with OKEN Scanner

Criteriul Biot (Bi) reprezintă raportul dintre rezistența termică interioară și cea exterioară a unui corp la transferul de căldură între aceasta și un fluid.

Criteriul Fourier (Fo) se utilizează în procesele tranzitorii și exprimă timpul de trecere a căldurii în unități adimensionale.

Criteriul Sherwood (Sh) este raportul dintre rezistența la transferul de masă molecular al fluidului; este analog criteriul Nusselt (Nu) în convecția termică.

Criteriul Schmidt (Sc) reprezintă raportul dintre difuzivitatea moleculară a impulsului și difuzivitatea moleculară a masei și caracterizează proprietățile fizice ale fluidului, fiind analog numărul Prandtl (Pr) din transferul căldurii.

Criteriul Lewis (Le) este raportul dintre difuzivitatea moleculară a căldurii și difuzivitatea moleculară a masei; apare în analiza proceselor simultane de transfer de masă și de căldură.

CRITIC (Punct). Punct de inflexiune (*Cr*) al izotermei corespunzătoare temperaturii critice (T_{cr}). Acesta este prezentat în diagrama termodinamică în coordonate $p-v$ (fig. C.217).

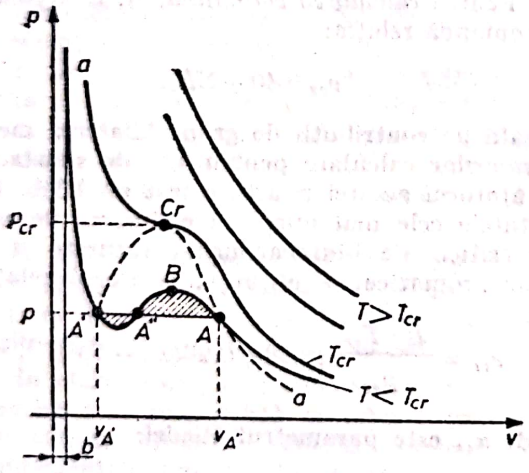


Fig. C.217. Punctul critic în diagrama $p-v$.

Starea fluidului corespunzătoare **p.c.** reprezintă starea critică. *Temperatura critică* este temperatura deasupra căreia gazul nu poate fi lichefiat. Presiunea necesară pentru a lichefia un gaz la temperatura critică se numește *presiune critică* p_{cr}. Temperatura și presiunea critică sînt proprii fiecărei substanțe. Ca urmare, *volumul critic* (v_{cr}) și *densitatea critică* (ρ_{cr}) sînt proprii fiecărei substanțe. La **p.c.** volumul și densitatea gazului și a lichidului sînt egale.

În tabelul C.34 sînt date constantele critice ale cîtorva substanțe.

Izoterma corespunzătoare temperaturii critice se obține, reprezentînd grafic ecuația Van der Waals în diagrama $p-v$, pentru valoarea critică a temperaturii (T_{cr}):

$$v^3-\left(\frac{RT}{P}+b\right)v^2+\frac{a}{p}v-\frac{a\cdot b}{p}=0$$

În fig. C.217 izotermele corespunzătoare valorilor $T \geqslant T_{cr}$ au aproximativ forma unor hiperbole echilatere. Izotermele corespunzătoare temperaturilor $T<T_{cr}$ au forma curbei $aABAA'a'$. Izoterma $T=T_{cr}$ (critică) are un punct de inflexiune, în care tangenta la curbă este orizontală. În **p.c.**, ecuația Van der Waals admite o rădăcină triplă. Ecuația Van der Waals redă, din punct de vedere calitativ, particularitățile de comportare ale gazelor reale și urmărește fenomenul modificării stării de agregare. De asemenea, ea exprimă interdependența parametrilor de stare p, v, T, în domeniul vaporilor lichidului și, în mod indirect, în domeniul amestecului lichid — vapori (domeniul stărilor bifazice). Pentru a determina *parametrii de stare* în **p. c.** (*Cr*) se ține seama că tangenta la curbă în acest punct este paralelă cu axa absciselor, și deci:

$$\left|\frac{\partial p}{\partial v}\right|_{cr}=0;$$

$$\left|\frac{\partial^2 p}{\partial v^2}\right|_{cr}=0.$$

Tabelul C.34

Constantele critice ale unor substanțe

Substanța	Temperatura critică T_{cr}		Presiunea critică p_{cr}		Volum molar critic V_{Mcr}
	[K]	[°C]	[at]	[N/cm²]	[cm³/kmol]
He	5,3	−267,8	2,26	22,16	60
H_2	33,3	−239,8	21,8	125,51	68
N_2	126	−147	33,5	328,5	90
O_2	155	−122	49,7	487,35	74
CO_2	304	31	73,0	715,84	95
Cl_2	417	144	76,1	746,23	124
NH_3	405	132	111,5	1 093,4	72
SO_2	427	154	77,7	761,92	125
H_2O	647	374	225,65	2 212,87	57

Scanned with OKEN Scanner

Aceste două condiții împreună cu ecuația de stare, scrisă pentru p. c., formează sistemul de trei ecuații:

$$p_{cr}=\frac{R\cdot T_{cr}}{v_{cr}-b}-\frac{a}{v^2}$$

$$\left|\frac{\partial p}{\partial v}\right|_{cr}=-\frac{R\cdot T_{cr}}{(v_{cr}-b)^2}+\frac{2a}{v_{cr}^3}=0;$$

$$\left|\frac{\partial^2 p}{\partial v^2}\right|_{cr}=\frac{2\cdot R\cdot T_{cr}}{(v_{cr}-b)^3}-\frac{6a}{v_{cr}^4}=0.$$

Rezolvînd sistemul, se obține:

$$p_{cr}=\frac{a}{27\cdot b^2};$$

$$v_{cr}=3\cdot b;$$

$$T_{cr}=\frac{8a}{27\cdot b\cdot R}.$$

În funcție de p_{cr}, v_{cr}, T_{cr}, valorile constantelor a, b, R sînt:

$$a=3\cdot p_{cr}\cdot v_{cr}^2;$$

$$b=\frac{v_{cr}}{3};$$

$$R=\frac{8}{3}\cdot\frac{p_{cr}\cdot v_{cr}}{T_{cr}}.$$

Înlocuind aceste valori în ecuația Van der Waals, rezultă:

$$\left[p-3p_{cr}\left(\frac{v}{v_{cr}}\right)^2\right]\left[v-\frac{v_{cr}}{3}\right]=\frac{8}{3}\cdot p\cdot v_{cr}\frac{T}{T_{cr}}.$$

Rapoartele:

$$\frac{p}{p_{cr}}=p_r;$$

$$\frac{v}{v_{cr}}=v_r;$$

$$\frac{T}{T_{cr}}=T_r$$

se numesc *parametrii reduși.*

Determinarea experimentală a parametrilor critici este supusă unor erori experimentale mari și nu este întotdeauna posibilă, datorită instabilității termice a multor substanțe în condițiile critice. Din acest motiv, s-au elaborat metode care folosesc diferite alte proprietăți ale substanțelor sau se bazează pe contribuții de grup.

Pentru *estimarea temperaturilor critice* se recomandă folosirea unei relații bazate pe metoda contribuțiilor de grup, propusă de *A. L. Lydersen*:

$$\frac{T}{T_{cr}}=0{,}467-\Sigma\Delta_T(\Sigma\Delta_T)^2,$$

unde Δ_T sînt incremenții în corelații Lydersen pentru constante critice. Pentru 90% din valorile T_{cr}, calculate cu ajutorul relației Lydersen și comparate cu date experimentale, abaterea medie a fost mai mică decît 2%.

O altă relație recomandată pentru estimarea temperaturilor critice este cea propusă de *I. C. Forman* și *G. Thodos* și este bazată tot pe contribuții de grup cu incremenți din care se calculează constantele Van der Waals a și b. Temperatura critică rezultă din relația:

$$T_{cr}=\frac{8a}{27\cdot b\cdot R}.$$

Această metodă, recomandată pentru calculul temperaturilor critice ale hidrocarburilor, ține seama de influența structurii moleculare și duce la o abatere medie de 1%.

Pentru *calcularea volumului*, A. L. Lydersen recomandă relația:

$$v_{cr}=40+\Sigma\Delta_v,$$

bazată pe contribuții de grup. Abaterea medie a valorilor calculate pentru 144 de substanțe, cu ajutorul acestei relații, a fost de 2,3%. Rezultatele cele mai bune, în estimarea volumelor critice ale hidrocarburilor saturate și ale celor aromatice, se obțin cu ajutorul relației:

$$v_{cr}=\frac{R\cdot T_{cr}}{p_{cr}}[3{,}72+0{,}26(\alpha_{cr}-7{,}0)]^{-1},$$

unde α_{cr} este parametrul Riedel:

$$\alpha_{cr}=0{,}9076\left[1{,}0+\frac{\frac{T}{T_{cr}}\cdot\ln p_{cr}}{1-\frac{T}{T_{cr}}}\right].$$

Relația propusă de A. L. Lydersen, bazată pe contribuții de grup pentru *calculul presiunii critice*, este:

$$p_{cr}=\frac{M}{(\Sigma\Delta p+0{,}34)^2}.$$

Relația folosește greutatea moleculară M și incremenții Δp, permițînd calculul presiunilor critice ale cicloparafinelor, izoolefinelor și acetilenelor, cu o abatere medie de 3,8%.

Scanned with OKEN Scanner

CROMATOGRAFIE. Metodă fizico-chimică eficientă și rapidă de separare și analiză a substanțelor din amestecuri complexe. Metoda cromatografică se bazează pe repartizarea diferită a componentelor unui amestec într-o fază mobilă și o fază staționară, avînd ca urmare deplasarea cu viteze diferite a componentelor purtate de faza mobilă de-a lungul fazei staționare.

Faza mobilă poate fi în stare lichidă sau gazoasă, iar *faza staționară*, în stare solidă sau lichidă. Din punctul de vedere al mediilor între care se face repartizarea componentelor se disting următoarele tipuri de metode cromatografice: *lichid-solid* ($L-S$); *lichid-lichid* ($L-L$); *gaz-solid* ($G-S$); *gaz-lichid* ($G-L$).

Dacă faza mobilă este lichidă, separarea componentelor se poate realiza, utilizînd mai multe tipuri de faze staționare. Se disting astfel: **c.** *pe hîrtie*, **c.** *în strat subțire* și **c.** *pe coloană*. **C.** pe hîrtie se încadrează în tipul $L-L$. Ultimele două metode pot fi $L-S$, $L-L$, prin excluziune sterică sau prin schimb ionic.

În funcție de natura procesului elementar care determină repartizarea diferită a componentelor amestecului între cele două faze, se deosebesc:

C. *de adsorbție*, care constă în reținerea diferită a componentelor pe suprafața unui solid cu proprietăți adsorbante (cărbune activ, oxid de aluminiu, silicagel etc.);

C. *de repartiție*, bazată pe solubilitatea diferită a componentelor în cele două faze;

C. *prin schimb ionic*, determinată de reacțiile de dublu schimb care au loc între schimbătorul de ioni și componentele amestecului de separat;

C. *prin excluziune sterică*, datorată pătrunderii diferite a moleculelor sau ionilor în faza staționară (geluri, în cazul macromoleculelor și site moleculare, în cazul ionilor).

În afara celor patru mecanisme de reținere, descrise mai sus, există și tehnici bazate pe interacțiuni specifice (reacții chimice) între componentele amestecului și faza staționară, cum ar fi **c.** *de afinitate*, cu formare de complecși de precipitare și redox.

Principiul de lucru al **c.** constă în trecerea elementului (lichid sau gaz) prin dispozitivul sau locul de introducere a probei, de unde se preia proba de analizat și se introduce în faza staționară. Componentele amestecului de analizat interacționează cu faza staționară, rămînînd în urma efluentului. Datorită interacțiunilor diferite cu faza staționară și mobilă, repartiția lor între cele două faze nu este identică, migrarea are loc, astfel, cu viteze diferite și se realizează separarea. Datorită proceselor multiple de fixare și ieșire din faza staționară, precum și a stării energetice diferite a moleculelor, componenta de analizat formează o zonă avînd concentrația maximă, de regulă, în mijloc. Astfel, în **c.** pe hîrtie sau în strat subțire, apare sub forma unui spot, caracterizat prin distanța R_f de la start (locul de depunere al probei) la mijlocul spotului, iar în **c.** gaz-lichid și lichid-lichid pe coloană, sub forma unei curbe cu maxim, numit vîrf cromatografic, caracterizat prin timpul de reținere t_R (timpul măsurat din momentul introducerii probei și pînă la apariția maximului). În acest timp, intră și timpul necesar ca elementul și componentele care nu interacționează cu faza staționară să parcurgă distanța de la injector (locul introducerii) la detector (capătul coloanei), numit timp mort și notat cu τ_M. De aceea, se măsoară timpul de reținere față de o componentă care nu interacționează cu faza staționară, numit timp de reținere ajustat și notat cu τ_R. Dacă în locul timpului se măsoară volumul efluentului, se obține volumul de reținere, respectiv volumul mort, V_M și volumul de reținere ajustat, V_R.

După forma de reținere a componentelor se disting:

C. *liniară*, cînd se obțin vîrfuri simetrice (curbe gaussiene);

C. *neliniară*, avînd ca rezultat obținerea de vîrfuri asimetrice, asimetria crescînd cu gradul de neliniaritate.

Din punct de vedere al stabilirii echilibrelor de fixare-defixare, se deosebesc:

C. *ideală*, dacă în orice moment faza mobilă este în echilibru cu faza staționară;

C. *neideală*, cînd, din cauza timpului de contact scurt, echilibrul nu este stabilit.

De fapt, orice **c.** este neliniară și neideală. Alegînd condițiile de lucru (concentrații mici ale componentelor), se poate face aproximația de liniaritate sau (sau mărind timpul de contact) de idealitate.

Datorită puterii de separare mari, cea mai puternică dezvoltare a cunoscut **c.** gaz-lichid, iar în ultimul timp, **c.** lichid-lichid.

Analiza calitativă prin aceste metode se bazează pe faptul că, pentru un anumit set de condiții experimentale, volumul, timpul sau distanța de reținere sînt caracteristici ale componentei considerate.

Analiza cantitativă are la bază proporționalitatea dintre suprafața vîrfului și concentrația componentei în amestec.

Analiza cromatografică se utilizează pe scară foarte largă atît în scop analitic (de identificare), cît și preparativ (de separare), permițînd analiza tuturor categoriilor de substanțe anorganice, organice, biologice, macromoleculare.

CULBUTOR. Organ al mecanismului de distribuție prin supape al motoarelor cu ardere internă, în formă de pîrghie, care oscilează în jurul unui ax, în scopul modificării sensului mișcării comandată de cama de distribuție și al transmiterii acestei mișcări supapei (fig.

Scanned with OKEN Scanner

C.218). **C.** se execută cu braţe inegale în scopul reducerii acceleraţiilor din sistemul de comandă; braţul mai mare, l_s, este îndreptat spre supapă, pentru a obţine deplasări mari ale supapei la deplasări mici ale tacheţilor şi tijelor, deci acceleraţii şi uzuri reduse, iar braţul cel mai scurt, l_c, în sens opus. Raportul dintre lungimile braţelor şi deplasările acestora se consideră:

$$\lambda = \frac{l_c}{l_s} = \frac{h_c}{h_s} = 0{,}55 - 0{,}83.$$

În funcţie de tipul mecanismului de distribuţie, mişcarea comandată de camă este primită de **c.** fie prin intermediul unei tije împingătoare (fig. C.218), fie direct de la arborele de distribuţie.

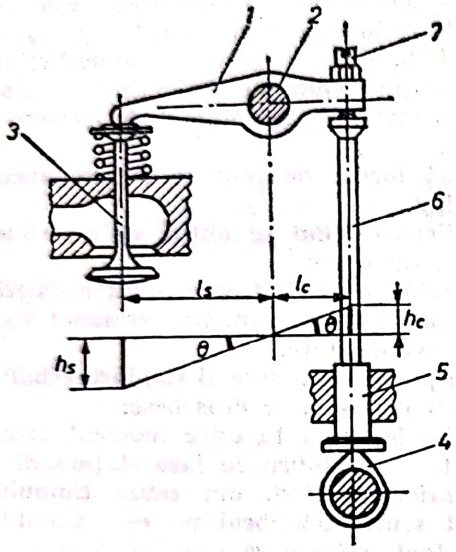


Fig. C.218. Mecanism de distribuţie pentru un motor cu ardere internă în patru timpi:
1 — culbutor cu braţe inegale; *2* — axul culbutorului; *3* — supapă; *4* — camă; *5* — tachet; *6* — tijă împingătoare; *7* — şurub de reglaj.

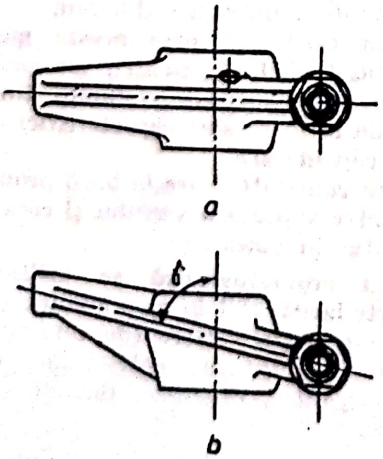


Fig. C.219. Soluţii constructive de culbutori:
a — planul de oscilaţie perpendicular pe axa de oscilaţie; *b* — planul de oscilaţie înclinat cu unghiul faţă de axa de oscilaţie.

Planul de acţionare al **c.** poate fi perpendicular pe axa de oscilaţie sau înclinat cu unghiul γ (fig. C.219) pentru a asigura un aranjament convenabil al supapelor. La capătul **c.** dinspre tija împingătoare se montează şurubul de reglaj al jocului termic. Capetele **c.** şi suprafaţa în contact cu axul acestuia se ung. Cînd ungerea este realizată cu ulei sub presiune, în corpul **c.** se practică orificii de ungere (fig. C.220). Uleiul pătrunde prin partea centrală a axului şi este distribuit spre capetele **c.** prin orificii practicate în braţe. **C.** sînt solicitaţi la încovoiere de către forţa de pe linia camei, precum şi la un proces intens de uzură. De aceea, pentru **c.** se impun condiţii speciale de rigiditate.

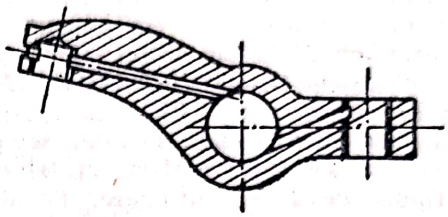


Fig. C.220. Culbutor cu orificii pentru ungere.

C. se execută din oţel carbon de calitate, OLC 45 X, OLC 55 X, oţel aliat Cr-Ni cu conţinut ridicat de mangan, sau din fontă nodulară. Semifabricatul se obţine prin matriţare sau turnare. Suprafaţa de contact cu tija supapei se călește prin curenţi de inducţie pe o adîncime de 0,8—2 mm, la o duritate de 50—60 HRC. Duritatea restului piesei trebuie să fie de 140—200 HB. Pentru îmbunătăţirea rezistenţei la uzură, în unele cazuri, **c.** se fosfatează. În scopul reducerii maselor de pe linia camei şi supapei, unele motoare au **c.** confecţionaţi din aliaje de aluminiu cu capete armate cu pastile din materiale dure.

CUPLU TERMOELECTRIC (Sin.: **Termoelement; Termocuplu**). Dispozitiv construit din două conductoare de natură diferită, înseriate, care formează un circuit electric închis — fig. C.221 (în unele aplicaţii ale cuplului, acesta

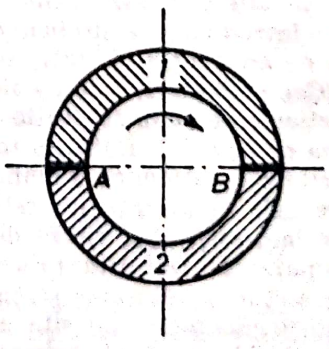


Fig. C.221. Cuplu termoelectric.

conține și un circuit de utilizare intercalat prin desfacerea unuia din contactele celor două elemente de bază).

Dacă T_A și T_B sînt temperaturile în punctele de contact A și B (numite și suduri) și dacă $T_A<T_B$, atunci în circuitul închis de lungime L se generează o tensiune termoelectromotoare a cărei mărime este dată de relația de mai jos, care este *efectul Seebeck*:

$$E_T=-\oint_L \alpha \mathrm{d}T=-\int_{T_A}^{T_B}\alpha_1 \mathrm{d}T+\int_{T_A}^{T_B}\alpha_2 \mathrm{d}T=$$

$$=\int_{T_A}^{T_B}\alpha_{12}\mathrm{d}T,$$

unde $\alpha_{12}=\alpha_2-\alpha_1$ este forța termoelectrică specifică pentru perechea de materiale 1-2. În cazul în care intervalul T_B-T_A nu este prea mare se poate admite că α_{12} este o mărime constantă în acest interval, adică:

$$E_T=\alpha_{12}(T_B-T_A).$$

Ca regulă, se poate reține că, prin sudura caldă a termocuplului (în acest caz, punctul B), curentul datorat tensiunii termoelectromotoare are sensul de la componenta cu α mai mic spre aceea cu α mai mare. Intercalînd între componentele inițiale ale cuplului (notate cu 1 și 2) un număr de conductoare diferite, ale căror suduri sînt menținute la temperatură constantă, tensiunea termoelectromotoare generată în acest nou circuit este egală cu aceea generată în circuitul inițial, dacă temperaturile elementelor 1 și 2 sînt aceleași în ambele cazuri. Efectul termoelectric direct (Seebeck) este datorat, în special, difuziei preponderente a purtătorilor liberi de sarcină dinspre extremitatea caldă a cuplului spre cea rece, cît și variației mărimii potențialului de contact (tensiunii electromotoare ce se manifestă în regiunea contactului a două conductoare sau semiconductoare, avînd energia de extracție diferită) cu temperatura.

Deoarece concentrația electronilor de conducție în metale este foarte mare și nu depinde de temperatură, distribuția lor după nivelele de energie și viteza de agitație termică este și ea puțin dependentă de temperatură, iar valorile tensiunii termoelectromotoare sînt foarte mici (de ordinul μV/grd).

În cazul semiconductoarelor, concentrația purtătorilor de sarcină (electroni și goluri) este mult mai mică decît în metale, ea supunîndu-se legilor statisticii clasice a lui Boltzmann (energia medie de agitație termică variază după legea $3/2\cdot k\cdot T$, unde k este constanta lui Boltzmann). De aceea, valoarea tensiunii termoelectromotoare pentru perechile de semiconductoare tip n-p este de ordinul $10^2-10^3\mu$ V/K. Efectul termoelectric invers, denumit *efectul Péltier*, constă în faptul că, la trecerea unui curent electric printr-un cuplu format din două conductoare sau semiconductoare de naturi diferite (**c.t.**), la punctul de contact al acestora se constată degajarea sau absorbirea unei cantități de căldură:

$$Q_p=\pi_{12}\,q=\pi_{12}\,I\,\tau,$$

unde I este intensitatea curentului continuu, τ — intervalul de timp corespunzător, iar π_{12} coeficientul Péltier, a cărei valoare este legată de coeficientul Seebeck prin relația:

$$\pi_{12}=\pi_2-\pi_1=-\alpha_{12}\cdot T.$$

Cantitatea de căldură Q_p, degajată prin efectul Péltier, este diferită de aceea degajată la trecerea unui curent printr-un condensator (efectul Joule-Lenz), fiind proporțională cu puterea întîia a intensității curentului și depinzînd de sensul curentului: $Q_p>0$ înseamnă degajare de căldură, iar $Q_p<0$, absorbție de căldură. **C.t.** își găsește aplicații în tehnica măsurătorilor, unde este folosit ca element sensibil (traductor) de temperatură, în conversia directă a energiei termice în energie electrică (generator termoelectric) și în tehnica frigului (instalații frigorifice bazate pe efectul Péltier). Dintre acestea, în momentul de față, singura aplicație la scară industrială este utilizarea **c.t.** ca traductor de temperatură. Combinația celor două componente principale ale traductorului termoelectric de temperatură se alege, în primul rînd, după mărimea tensiunii termoelectromotoare generate (mV/grd), ținîndu-se însă cont de posibilitatea tragerii materialului în fire, a sudării sau lipirii celor două componente.

Termocuplul asigură convertirea în tensiune electrică a diferenței dintre temperatura sudurii calde pus în legătură cu mediul a cărui temperatură trebuie determinată și temperatura sudurii reci, care, prin termostatare, se menține la o valoare constantă, numită temperatură de referință. Tensiunea termoelectromotoare este măsurată cu ajutorul unui milivoltmetru (fig. C.222 a):

$$e=f(\theta_1-\theta_2),$$

în care: e reprezintă tensiunea termoelectromotoare generată [mV]; θ_1 — temperatura de măsurat; θ_2 — temperatura de referință.

În cazul unei instalații de dimensiuni mari, în care punctele de măsură a temperaturilor prin intermediul termoelementelor sînt centralizate pe un panou local sau într-o cameră de comandă (traductorul termoelectric și milivoltmetrul se află la o distanță relativ mare), legătura între ele se realizează prin intermediul unui cablu de compensație din materiale echivalente din punct de vedere termoelectric cu

Scanned with OKEN Scanner

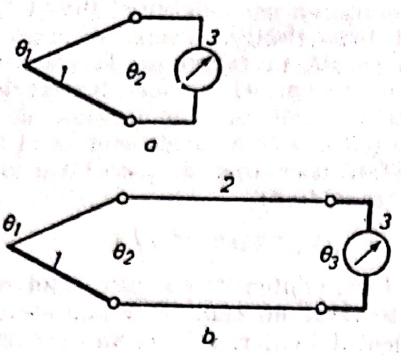


Fig. C.222. Schema de principiu pentru utilizarea termocuplului cu traductor de temperatură:
1 — termoelement; *2* — cablu de compensare; *3* — milivoltmetru.

materialele traductorului (cu care acestea nu dau naștere la tensiuni termoelectromotoare de contact). În acest caz, temperatura de referință este considerată temperatura θ_3 la bornele milivoltmetrului, tensiunea termoelectromotoare generată fiind independentă de temperatura θ_2 a contactelor libere ale termocuplului (fig. C.222 b):

$$e = f(\theta_1 - \theta_3).$$

Principalele perechi de materiale folosite pentru termoelemente, domeniile de măsură, precum și valorile tensiunilor termoelectromotoare se dau în tabelul C.35.

Practic, traductorul termoelectric este realizat din două fire sudate sau lipite la un capăt, izolate electric cu mătase, email, țesătură din fibre de sticlă sau mărgele de porțelan și introduse într-o teacă de protecție (mecanică și chimică) din cupru, alamă, oțel, porțelan sau cuarț. La capătul opus sudurii calde, termocuplul este prevăzut cu o cutie pentru cele două contacte electrice corespunzătoare capetelor libere. Sub această formă, termocuplul este folosit în industria pentru măsurarea temperaturii mediilor fluide.

Pentru măsurarea temperaturii corpurilor solide se pot folosi termoelemente de o construcție specială, fără teacă de protecție mecanică, montate în condiții specifice scopului măsurătorii.

Erorile care afectează rezultatele măsurătorilor de temperatură cu termocuplui se datoresc rezistenței și inerției termice a tecilor de protecție și învelișului izolator, variațiilor temperaturii de referință și schimburilor de căldură parazite între corpul traductorului și mediu.

Termoelementele sînt utilizate în tehnică, în special, pentru măsurarea temperaturii mediilor fluide și pulverulente, transportate prin conducte și canale, sau aflate în repaus în recipiente. Termoelementul alcătuit din platin și platin—rodiu este folosit în metrologie ca etalon pentru regiunea a treia a scării internaționale de temperatură, fiind foarte stabil·

Tabelul C.35

Tensiunea termoelectromotoare (mV), corespunzătoare temperaturii sudurii calde (la temperatura de referința 0°C) pentru diferite cupluri de materiale

Temperatura sudurii calde [°C]	Termoelement din:						
	Cupru-Constantan	Fier-Constantan	Crom-Nichel-Constantan	Nichel-Crom-Nichel (Cromel-Alumel)	Cromel-Constantan	Platin-Platin-Rodiu	Rodiu-Iridiu-Iridiu
− 200	−5,70	−8,15			−8,71		
− 100	−3,40	−4,6	−	−	−5,18	−	−
0	0	0	0	0	0	0	0
+ 100	4,25	5,37	6,21	4,10	6,32	0,643	0,55
+ 200	9,20	10,95	13,38	8,13	13,42	1,436	1,10
+ 300	14,89	16,55	20,95	12,21	21,04	2,316	1,65
+ 400	20,99	22,15	28,74	16,39	28,96	3,251	2,20
+ 500	27,40	27,84	36,75	20,64	37,01	4,221	2,75
+ 600	34,30	33,66	44,98	24,90	45,10	5,224	3,30
+ 700	−	39,72	53,31	29,14	53,14	6,260	3,85
+ 800		46,23	61,45	33,31	61,08	7,329	4,40
+ 900		53,15	69,25	37,36	68,85	8,432	4,95
+1 000		−	−	41,31	76,45	9,570	5,50
+1 100				45,14	−	10,741	6,05
+1 200				48,35		11,935	6,60
+1 300				52,41		13,138	7,125
+1 400				−		14,337	7,65
+1 500						15,530	8,175
+1 600						16,716	8,70
+1 700						−	9,25
+1 800							9,80
+1 900							10,325
+2 000							10,85

Generatorul termoelectric este o sursă de energie electrică compactă, robustă, fără piese în mișcare, funcționînd în concordanță cu principiul al doilea al termodinamicii și dispunînd de o sursă caldă și o sursă rece (fig. C.223).

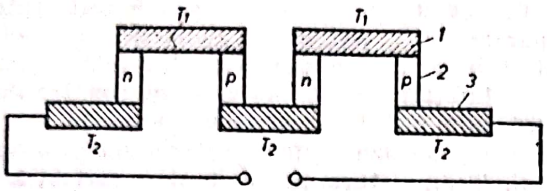


Fig. C.223. Schema de principiu a generatorului termoelectric cu semiconductori:
1 — sursă caldă; 2 — termoelement; 3 — sursă rece.

Prin urmare, randamentul unei asemenea instalații este limitat superior de valorile randamentului ciclului Carnot și influențat puternic de proprietățile termice și electrice ale elementelor componente (fig. C.224):

$$\eta_{g.t} = \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right) \cdot \frac{M-1}{M + \frac{T_2}{T_1}},$$

unde M este raportul între rezistența de sarcină și rezistența internă a generatorului termoelectric. Randamentul maxim se obține pentru o anumită valoare M_0:

$$M_0 = \sqrt{1 + Z_0 \cdot T_{med}},$$

în care Z_0 este factorul de merit, dat de relația

$$Z_0 = \frac{\alpha^2}{\lambda \cdot \rho_e},$$

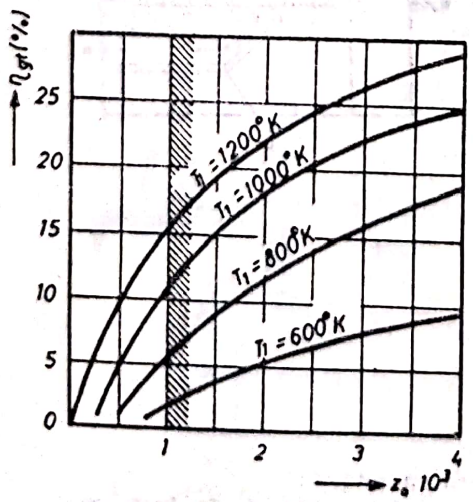


Fig. C.224. Randamentul generatorului termoelectric în funcție de valoarea factorului de merit, pentru T_2=300 K.

unde: α este coeficientul Seebeck, λ — conductibilitatea termică, ρ_e — rezistivitatea electrică a materialelor, iar $T_{med} = \frac{T_1 + T_2}{2}$.

Materialele ale căror proprietăți favorizează obținerea unor randamente mai mari pentru generatoarele termoelectrice sînt semiconductoarele: germaniu, siliciu (rezistente la temperaturi înalte), indiu, stibiu, galiu, arseniu (pentru temperaturi medii), iar telururile pentru temperaturi coborîte. În scopul obținerii unei tensiuni mai mari, se construiesc generatoare termoelectrice cu mai multe niveluri, asigurînd în felul acesta temperaturi de lucru corespunzătoare pentru mai multe tipuri de materiale, în care elementele sînt așezate în cascadă sau segmental. Întrucît pînă la ora actuală, cu tehnologiile existente, nu s-au putut atinge valori ale factorului de merit Z_0 decît pînă la circa 10^{-3}, conform fig. C.224, randamentele atinse de instalațiile termoelectrice, folosind ca sursă caldă focare cu combustibili clasici, reactoare nucleare sau cu energie solară, nu au depășit 15%.

CUPTOR. Instalație de încălzire a unui material în vederea transformării fizice, chimice sau fizico-chimice a acestuia. Cuprinde, în principal, una sau mai multe camere de încălzire, sau un creuzet, izolate termic de mediul ambiant, un sistem de încălzire cu instalații anexe și aparatajul de control și reglare. Camera de încălzire are pereții din material refractar și îmbrăcați cu un înveliș termoizolant, întărit eventual printr-un sistem de profiluri de oțel, legate cu tiranți sau stîlpi de beton. Materialele refractare și termoizolante, folosite la construcția pereților, sînt sub formă de cărămizi paralelipipedice, de blocuri fasonate, de plăci sub formă de piese monolit din beton refractar. Camera de încălzire este învelită la exterior cu o cămașă metalică.

C. industriale sînt prevăzute cu instalații pentru recuperarea căldurii, fie cazane recuperatoare de abur, fie preîncălzitoare de aer. După *scopul* pe care îl au, **c.** sînt: de încălzire simplă, de topire, de uscare, de transformare chimică, de distilare etc.

După *nivelul temperaturii* t_c din **c.**, există **c.** de temperatură joasă ($t_c \approx 300$°C), **c.** de temperatură medie ($t_c \approx 800$°C) și **c.** de temperatură înaltă ($t_c > 1\,150$°C).

Din punct de vedere al *regimului de lucru*, **c.** sînt clasificate în: **c.** cu funcționare intermitentă și **c.** cu funcționare continuă în care materialul trece în flux continuu sau are o perioadă de încălzire, după care este evacuat, fiind introdusă o nouă șarjă.

Din punct de vedere al *mediului gazos din* **c.**, există **c.** cu aer și **c.** cu atmosferă controlată, de exemplu cu CO_2, N_2 etc.

Din punct de vedere al *energiei folosite la încălzire*, există următoarele tipuri de c.: cu încălzire directă și combustibil fosil, cu încălzire electrică, cu încălzire indirectă și combustibil fosil și solare.

C. cu încălzire simplă este folosit la încălzirea materialelor solide pînă la o temperatură inferioară temperaturii de topire a lor (sau de sublimare), în vederea unor prelucrări mecanice ulterioare sau a modificării structurii fizico-chimice a acestora (călire, revenire etc.). Căldura poate fi furnizată de o reacție chimică de ardere sau poate fi produsă electric. El este echipat cu aparataj de control și de reglaj.

C. de topire este folosit la încălzirea metalelor solide la o temperatură superioară temperaturii punctului corespunzător topirii lor, la retopirea sau la elaborarea lor. Sursa de căldură poate fi chimică, electrică sau solară.

C. de uscare este un c. de temperatură joasă sau medie, folosit la deshidratarea materialelor solide. Sursa de căldură poate fi chimică sau electrică.

C. de transformare chimică este folosit la încălzirea materialelor solide, lichide sau gazoase, pentru transformarea structurii chimice a acestora prin ardere, degazeificare, pirogenizare, cracare termică, elaborare, electroliză etc., sau o combinație a acestor transformări. Sursa de căldură poate fi electrică sau chimică. Acest tip de c. se folosește în siderurgie, metalurgie (cubilouri), industria silicaților, industria chimică, industria alimentară etc.

C. de distilare (fig. C.225) este folosit pentru separarea prin distilare a componenților volatili ai unor materiale lichide sau solide.

C. intermitent este un c. în care materialul, după ce a fost încărcat, rămîne imobil în camera de încălzire pînă la terminarea procesului. Temperatura în acest c. e variabilă în timp.

C. cu flux de material se caracterizează prin deplasare continuă a șarjei prin camera de încălzire, temperatura pe traseul parcurs de aceasta fiind constantă în timp și variabilă de-a lungul acestui traseu.

C. cu material staționar are mai multe camere de încălzire; materialul din fiecare cameră se găsește în faze diferite ale procesului tehnologic, iar fiecare cameră trece prin toate fazele de lucru (datorită deplasării permanente a sursei de căldură), camerele extreme găsindu-se permanent în faza de încărcare, respectiv descărcare.

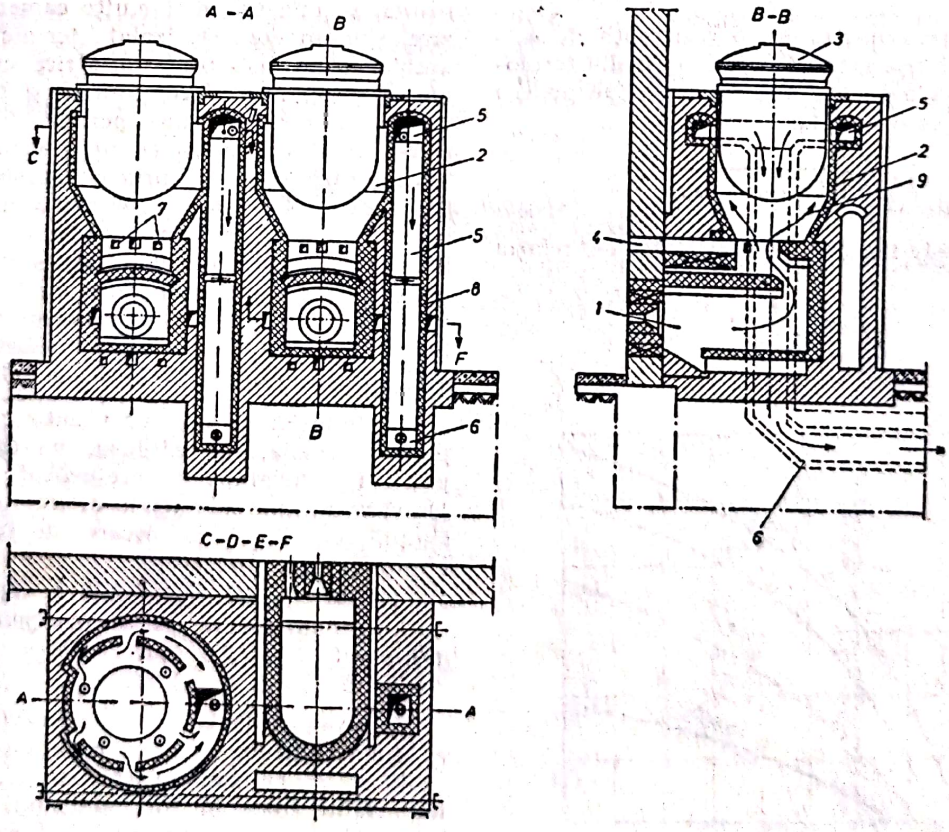


Fig. C.225. Cuptor de distilare cu retortă:
1 — focar pentru combustibil lichid sau gazos; *2* — cameră de încălzire; *3* — retortă; *4* — canal pentru introducerea aerului suplimentar; *5* — canal de gaze; *6* — canal de fum; *7* — canalul gurilor de observare; *8* — clapetă pentru reglarea tirajului; *9* — traseul gazelor de ardere.

Scanned with OKEN Scanner

C. cu aer se caracterizează prin aceea, că masa de gaze cu care ajunge în contact şarja este aerul atmosferic.

C. cu atmosferă controlată se caracterizează prin aceea, că şarja vine în contact cu un gaz sau amestecuri de gaze, cerute de procesul tehnologic.

C. cu combustibil foloseşte ca sursă de încălzire căldura dezvoltată prin arderea unui combustibil solid, lichid sau gazos.

C. cu încălzire electrică foloseşte ca sursă de încălzire căldura dezvoltată prin efect electrocaloric, la trecerea unui curent electric printr-un arc electric prin însuşi materialul de încălzit, sau printr-un rezistor.

C. cu arc electric (fig. C.226) are ca sursă de căldură unul sau mai multe arcuri electrice.

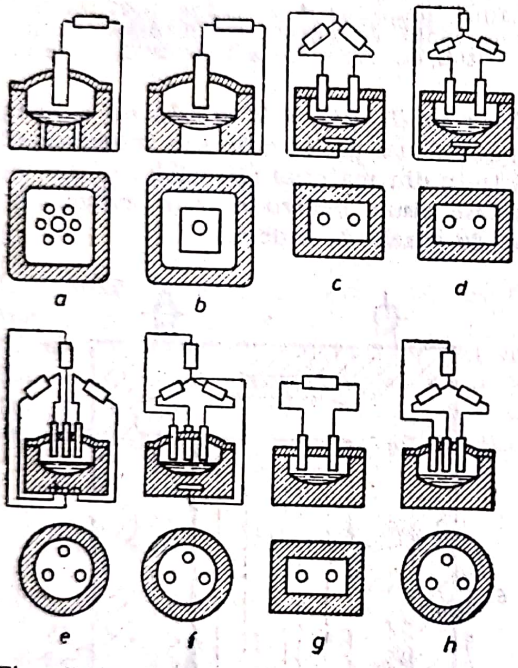


Fig. C.226. Cuptoare cu arc electric, cu încălzire directă:
a ... f — cuptoare cu vatră conducătoare;
g ... h — cuptoare cu vatră neconducătoare.

C. cu arc electric *cu încălzire directă* se caracterizează prin aceea, că materialul de încălzit trece prin arcul electric format din doi sau mai mulţi electrozi. **C.** cu arc electric cu *încălzire indirectă* (fig. C.227) se caracterizează prin aceea, că arcul electric, format între doi sau mai mulţi electrozi, transmite căldură la materialul din **c.** prin radiaţie.

C. de inducţie foloseşte pentru încălzire căldura produsă, prin efect electrocaloric, de curenţii induşi în materialul tratat.

C. cu rezistoare are ca sursă de căldură efectul electrocaloric din unul sau mai multe rezistoare, puse sub tensiune. Rezistoarele pot fi piese independente sau pot fi constituite din însăşi materialul de tratat.

C. solar (fig. C.228) foloseşte pentru încălzire căldura radiată de soare. Este format, în principal, dintr-o oglindă parabolică în al cărei focar se montează (pe un schelet solidar cu scheletul oglinzii) un creuzet sau recipient în care se găseşte materialul de încălzit. Oglinda este constituită din plăci mici, plane, orientabile, de aluminiu pur, fixate pe suporturi circulare de duraluminiu. Oglinda este solidară cu un mecanism cu ajutorul căruia este rotită în jurul unei axe paralele cu axa de rotaţie a

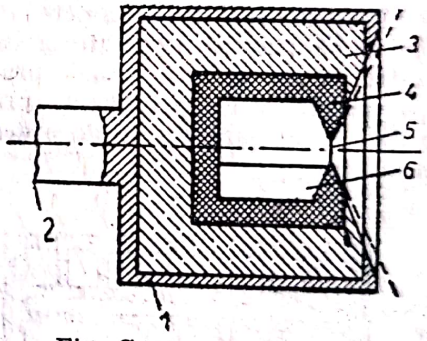


Fig. C.228. Cuptor solar:
1 — manta metalică; *2* — arbore; *3* — căptuşeală termoizolantă; *4* — căptuşeală refractară; *5* — fantă de acces a razelor solare; *6* — material de tratat.

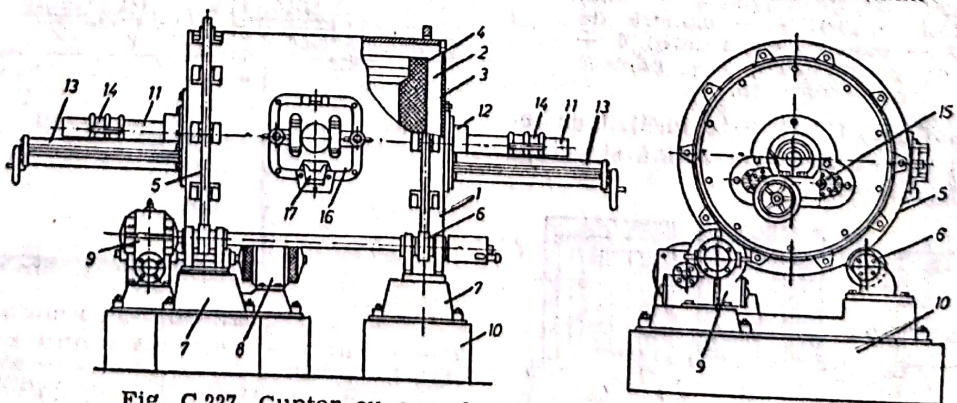


Fig. C.227. Cuptor cu arc electric, cu încălzire indirectă:
1 — corp rotitor; *2* — manta; *3* — căptuşeală termoizolantă; *4* — căptuşeală refractară; *5* — bandaj de rulare; *6* — role de susţinere; *7* — batiu; *8* — electromotor de basculare; *9* — transmisie; *10* — soclu; *11* — electrod; *12* — cutie de etanşare; *13* — ghidaj; *14* — portelectrod; *15* — mecanism de deplasare a electrozilor; *16* — uşă de încărcare; *17* — orificiu de golire.

Scanned with OKEN Scanner

pămîntului (pentru a urmări mișcarea aparentă a soarelui) și, simultan, în jurul unei axe perpendiculare pe axa de rotație a pămîntului (axa de înclinație), pentru a urmări mișcarea anuală a Soarelui. După locul în care este amplasat, c. solar poate funcționa 200—300 ore pe an și 8—10 ore pe zi.

C. cu cameră (fig. C.229) este un c. de încălzire simplă sau de uscare, cu material staționar, avînd o încăpere de lucru, în general, paralelipipedică și o vatră plană.

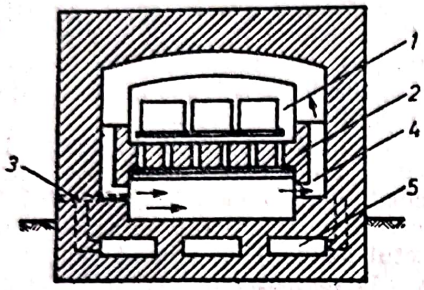


Fig. C.229. Cuptor cu cameră:
1 — cameră de încălzire; *2* — plită; *3* — injector; *4* — canalul gazelor de ardere; *5* — canal de fum.

C. cu camere multiple (fig. C.230) este un c. cu material staționar și cu funcționare continuă, constituit din mai multe camere (16—32), dispuse pe două rînduri alăturate și care comunică între ele direct, prin canale practicate în pereții despărțitori și, indirect, printr-un canal de fum prin care gazele de ardere sînt evacuate la coș.

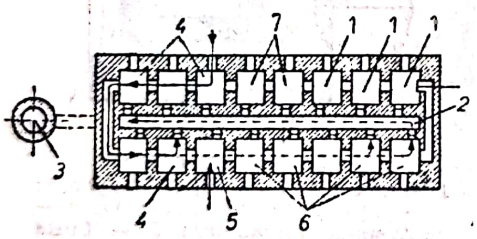


Fig. C.230. Cuptor cu camere multiple:
1 — camere de încărcare; *2* — canal de fum; *3* — coș; *4* — cameră de răcire; *5* — cameră de ardere; *6* — cameră de preîncălzire; *7* — camere de descărcare.

C. cu clopot (fig. C.231) este încălzit cu rezistoare independente; are vatră fixă și pereții și plafonul demontabile.

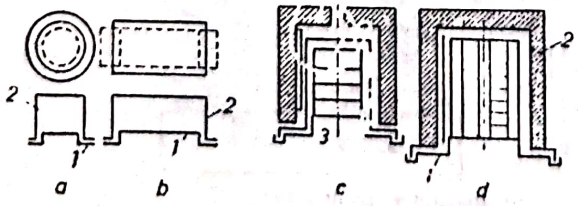


Fig. C.231. Cuptor cu clopot:
a — cuptor cu clopot cilindric; *b* — cuptor cu clopot paralelipipedic; *c* — cuptor cu clopot încălzitor; *d* — cuptor cu clopot și arzător central; *1* — vatră; *2* — clopot; *3* — arzător.

C. cu creuzet (fig. C.232) este un c. de topire sau de încălzire simplă, cu baie (de săruri, de ulei sau de metal topit), constituit dintr-un recipient emisferic, în formă de butoi, tronconic sau cilindric, cu fund bombat, confecționat din material ceramic.

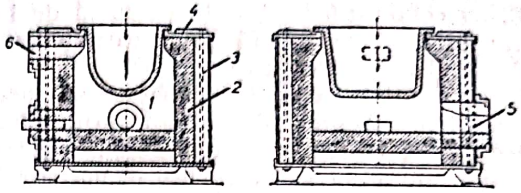


Fig. C.232. Cuptor cu creuzet:
1 — creuzet; *2* — zid de cărămidă; *3* — manta metalică; *4* — capac portcreuzet; *5* — conul de aprindere al injectorului; *6* — tub de evacuare a gazelor de ardere.

C. cu muflă (fig. C.233) este un c. echipat cu una sau mai multe cutii sau tuburi (mufle), constituite din material refractar sau din fontă și închise etanș pentru a izola materialul de tratat de gazele de ardere.

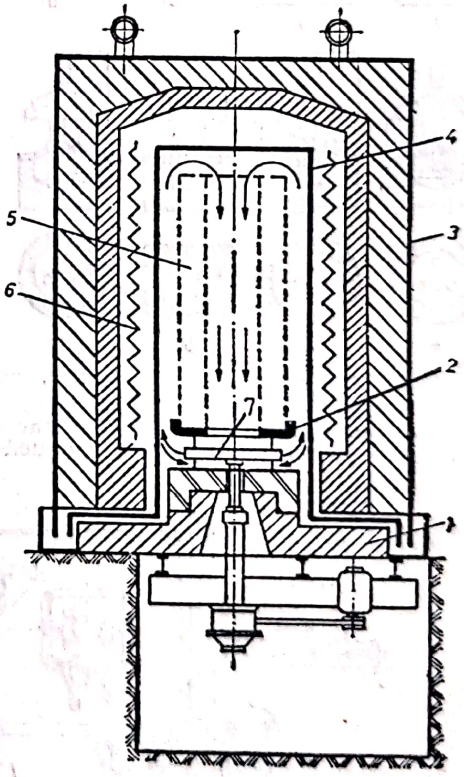


Fig. C.233. Cuptor cu muflă:
1 — vatră; *2* — platformă pentru așezarea sarjei; *3* — clopot; *4* — muflă; *5* — spațiu de lucru; *6* — rezistență; *7* — ventilator.

C. cu propulsie (fig. C.234) este un c. continuu, de încălzire simplă. Are formă de tunel, iar pe vatră are o cale de rulare pentru mate-

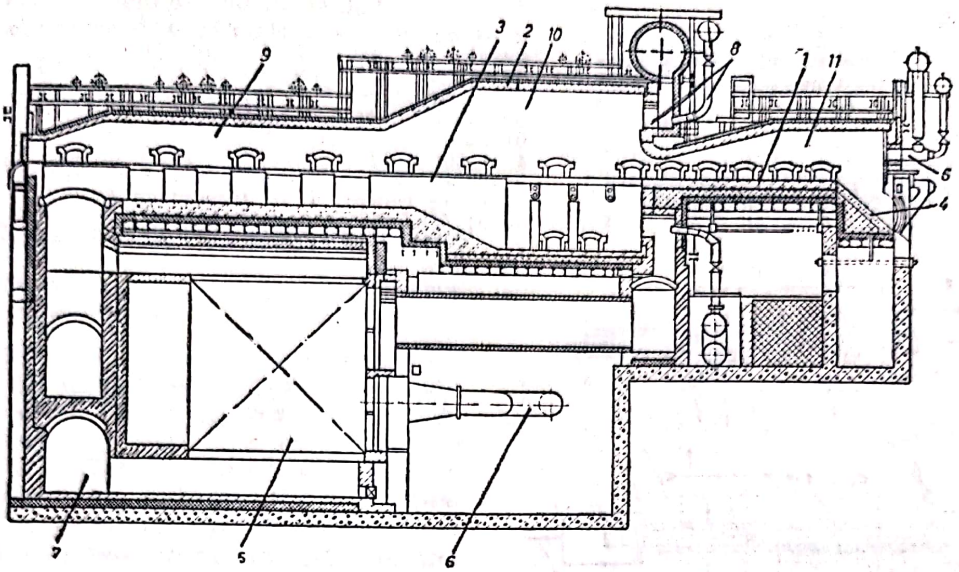


Fig. C.234. Cuptor cu propulsie:
1 — vatră; *2* — boltă; *3* — canal pentru încălzirea lingourilor; *4* — plan înclinat de descărcare; *5* — recuperator; *6* — conductă de aer; *7* — canal de fum; *8* — arzător; *9* — zonă de preîncălzire; *10* — zonă de încălzire forțată; *11* — zonă de egalizare.

rial, formată din două sau mai multe profiluri metalice.

C. cu strat fluidizat (fig. C.235) este un c. continuu în care materialul de tratat (sub formă de granule sau praf) este menținut în stare de suspensie într-un curent de gaz as-

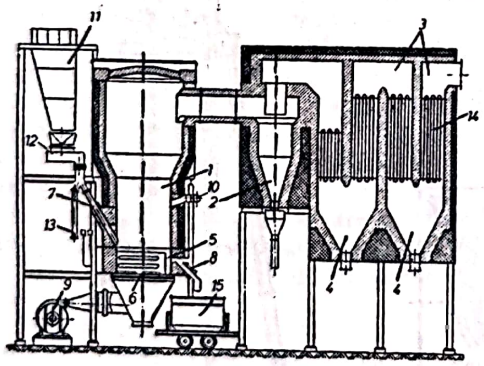


Fig. C.235. Cuptor cu strat fluidizat:
1 — cuptor; *2* — ciclon; *3* — canale de răcire; *4* — pîlnii colectoare de cenușă; *5* — serpentină de răcire a stratului fluidizat; *6* — grătar de suflare a aerului; *7* — conductă de încărcare a materialului; *8* — conductă de evacuare intermitentă a materialului ars din strat; *9* — suflantă; *10* — injector de amorsare; *11* — buncăr; *12* — dozator cu taler; *13* — injector de aer; *14* — țevi de răcire; *15* — vagonet.

cendent, formînd un strat cu proprietăți asemănătoare celor unui lichid. Este folosit la prăjirea minereurilor sulfuroase de fier, zinc, cupru.

C. cu vatră este un c. de încălzire simplă sau de transformare chimică a cărui cameră de încălzire e limitată la partea inferioară de o pardoseală fixă (solidară cu pereții laterali sau mobilă). **C. cu vetre suprapuse** (fig. C.236) este

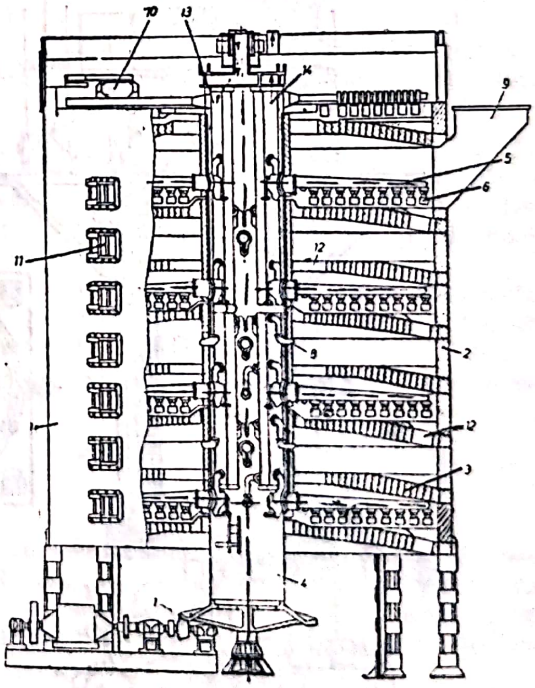


Fig. C.236. Cuptor cu vetre suprapuse:
1 — manta; *2* — căptușeală refractară; *3* — vatră; *4* — arbore; *5* — braț portraclor; *6* — raclor; *7* — transmisie; *8* — conducte de legătură; *9* — conducte de evacuare a gazelor de ardere; *10* — dispozitiv de alimentare cu minereu; *11* — ușă de observare și de acces; *12* — gură de descărcare; *13* — intrarea aerului de răcire la raclor; *14* — ieșirea aerului de răcire.

Scanned with OKEN Scanner

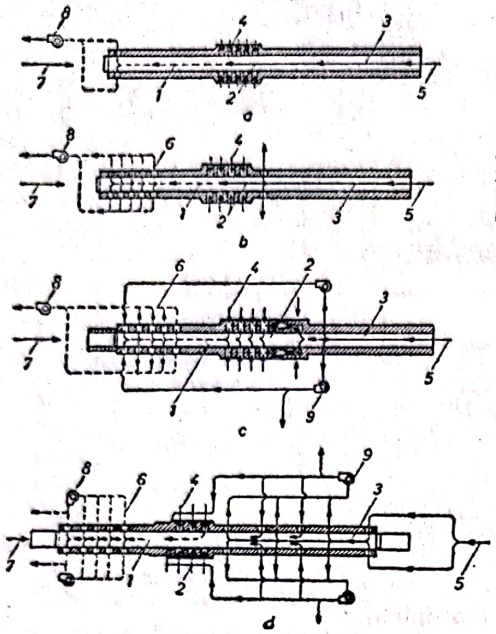


Fig. C.237. Cuptor tunel:
a — cu circulație simplă; *b* — cu prelevarea gazelor de ardere; *c* — cu prelevarea gazelor de ardere și cu suflare de aer preîncălzit; *d* — cu recircularea gazelor de ardere în zona de preîncălzire și cu recircularea aerului de răcire în zona de răcire; *1* — zonă de preîncălzire; *2* — zonă de ardere; *3* — zonă de răcire; *4* — introducerea combustibilului; *5* — intrarea aerului de răcire; *6* — prelevarea gazelor de ardere; *7* — intrarea materialului; *8* — ventilator de tiraj; *9* — ventilator de recirculare.

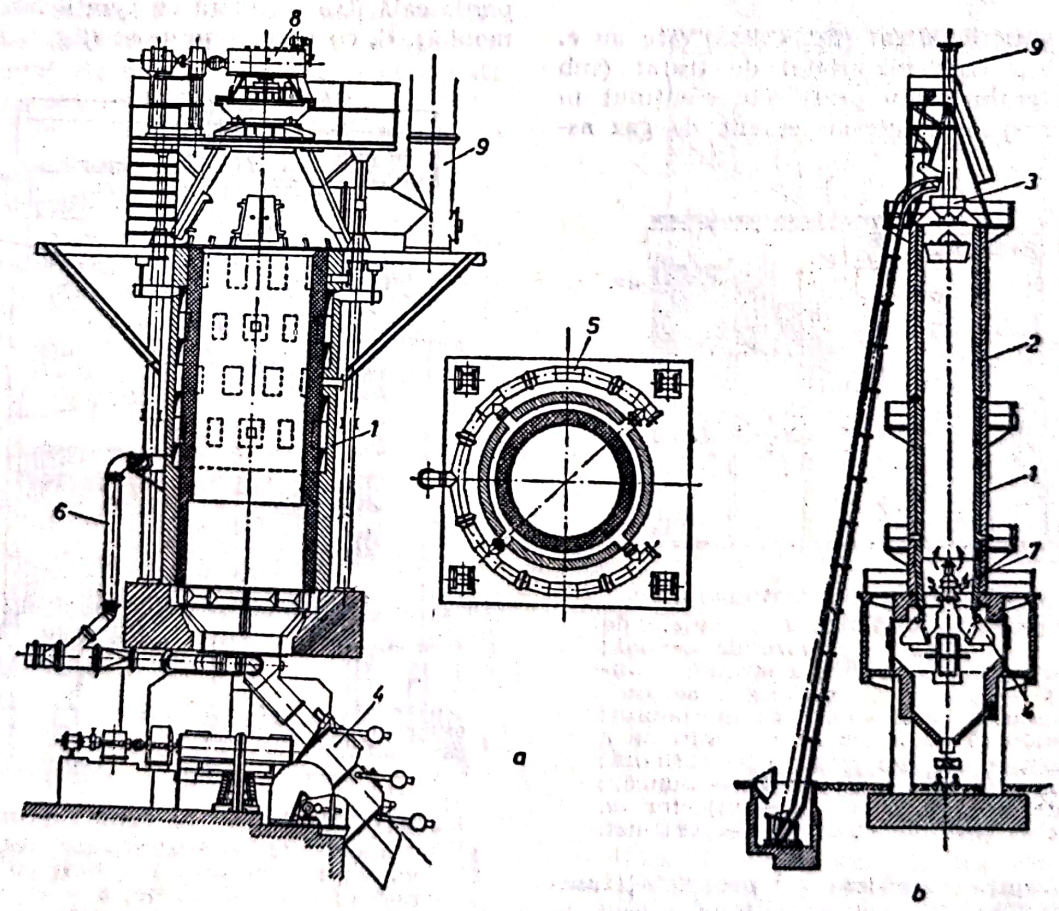


Fig. C.238. Cuptor turn:
a — cuptor pentru arderea clincherului de ciment; *b* — cuptor pentru arderea varului cu combustibil gazos; *1* — manta metalică; *2* — căptușeală refractară; *3* — alimentator; *4* — dispozitiv de descărcare; *5* — distribuitor de aer; *6* — conductă de aer; *7* — fante de alimentare cu combustibil; *8* — carcasă; *9* — coș.

un **c.** continuu, constituit dintr-o cameră cilindrică verticală, compartimentată prin vetre orizontale suprapuse.

C. tunel (fig. C.237) este un **c.** de încălzire simplă și de transformare chimică, constituit dintr-un tunel cu axa rectilinie și uneori în formă de U, de-a lungul căruia se deplasează șarja așezată pe vagonete.

C. turn (fig. C.238) are formă de turn cilindric (cu secțiune orizontală, circulară sau ovală), tronconic sau prismatic și cu secțiune orizontală rectangulară.

CURENT. Fluid în mișcare (curgere), dimensiunea pe direcția de înaintare fiind mult mai mare decît cea pe direcție transversală.

Din punct de vedere al *modului cum sînt mărginiți*, **c.** de fluid, se împart în: **c.** fără suprafață liberă (sau **c.** sub presiune), **c.** cu suprafață liberă și jeturi (sau vine de fluid).

C. fără suprafață liberă sînt cei care sînt în contact cu pereți rigizi pe întregul contur al secțiunii transversale (ex.: **c.** de lichid sau de gaz prin conducte).

C. cu suprafață liberă sînt cei la care o parte din conturul secțiunii transversale este mărginit de pereți rigizi, partea superioară fiind în contact cu atmosfera (ex.: apa din albia unui rîu, dintr-un canal etc.).

Jetul (vîna) de fluid se caracterizează prin faptul că în lungul curentului, pe întregul contur al secțiunii transversale, fluidul se mărginește cu un gaz sau cu un lichid (ex.: jetul de gaze la evacuarea dintr-un motor cu reacție, jetul de apă al unui arteziene etc.).

După *direcția de deplasare*, se disting **c.** ascendenți și **c.** descendenți.

La **c. ascendenți**, viteza are o componentă principală dirijată vertical, în sus (ex.: **c.** de apă caldă într-o instalație de încălzire cu circulație naturală).

La **c. descendenți**, viteza are o componentă principală dirijată vertical, în jos (ex.: **c.** de apă rece într-o instalație de încălzire cu circulație naturală).

În privința *regimului de curgere*, **c.** pot fi: **laminari**, la care liniile de curent ale fluidului se mișcă paralel unele față de altele, fără amestecul particulelor lor componente și **turbulenți**, la care mișcarea liniilor de curgere ale fluidului este haotică, particulele componente avînd traiectorii de formă neregulată și variabile în timp.

Pentru caracterizarea regimului de curgere, se utilizează criteriul sau numărul Reynolds (Re). Pentru $Re<Re_{cr}$ (Re_{cr}=valoare critică), regimul de curgere este întotdeauna laminar. În condițiile în care $Re>Re_{cr}$, regimul este turbulent. Între cele două regimuri se situează regimul tranzitoriu ($Re_{cr}=2\,430...10\,000$).

Caracterul general al **c.** este convectiv, deplasarea fluidului fiind provocată de diferența de densitate între particulele calde și cele reci ale

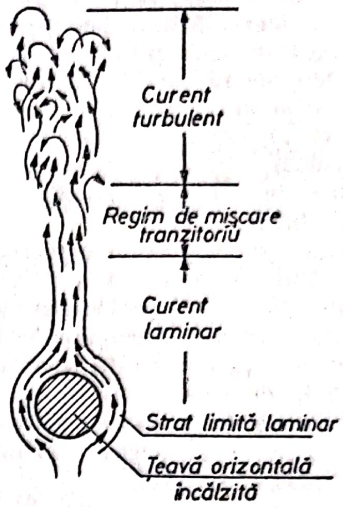


Fig. C.239. Curent convectiv

acestuia (fig. C.239). **C.** convectiv apare atunci, cînd fluidul vine în contact cu suprafața unui corp mai cald sau mai rece decît el. Dacă suprafața corpului are o temperatură mai mare decît aceea a fluidului, **c.** convectiv este dirijat în sus, datorită micșorării densității acestuia cu creșterea temperaturii (ex.: **c.** ascendent a aerului care vine în contact cu elementele radiatoarelor de încălzire). Cînd suprafața cu care vine în contact fluidul este mai rece, **c.** este dirijat în jos (ex.: circulația aerului în frigider, ca urmare a schimbului de căldură cu serpentina de răcire a congelatorului).

CURGERE. Mișcare a unei mase de fluid în ansamblul ei, într-un anumit domeniu, caracterizată prin cîmpul vitezelor, al presiunilor și al temperaturilor, ca funcție de poziție și de timp.

Pentru studiul **c.** se pot utiliza două metode de reprezentare a acesteia. *Metoda Lagrange* urmărește mișcarea unei particule fluide, caracterizată de legea de variație a coordonatelor ei în timp:

$$x=x(\tau,\ x_0,\ y_0,\ z_0);\ y=y(\tau,\ x_0,\ y_0,\ z_0);$$

$$z=z(\tau,\ x_0,\ y_0,\ z_0),$$

la momentul inițial particula avînd coordonatele $(x_0,\ y_0,\ z_0)$. A doua metodă este *metoda Euler*, conform căreia se examinează cîmpul vitezelor într-un punct, în funcție de timp:

$$v_x=v_x(x,\ y,\ z,\ \tau);\ v_y=v_y(x,\ y,\ z,\ \tau);$$

$$v_z=v_z(x,\ y,\ z,\ \tau),$$

în care v_x, v_y, v_z reprezintă componentele vitezei pe cele trei direcții ale sistemului cartezian de referință.

C. fluidelor poate fi clasificată după diferite criterii.

Scanned with OKEN Scanner

În funcție de *dependența de timp a cîmpului vitezelor*, **c.** poate fi **în regim permanent** (staționar), dacă în orice punct al domeniului viteza nu depinde de timp și **în regim nepermanent** (nestaționară), în cazul contrar. Se definește și **c.** în regim **semipermanent**, în care vectorii viteză, în fiecare punct al domeniului, își modifică în timp numai intensitatea, menținîndu-și direcția.

Din punct de vedere al *caracteristicilor geometrice*, **c.** fluidelor pot fi împărțite în **c. tridimensionale** (spațiale), **bidimensionale** (plane, axial-simetrice) și **unidimensionale. C.** spațială a unui fluid este caracterizată prin aceea, că viteza depinde de cele trei coordonate spațiale. În **c.** bidimensională, viteza depinde numai de două coordonate, în această grupă fiind cuprinsă **c.** plană, la care:

$$v_x=v_x(x,\ y,\ \tau);\ v_y=v_y(x,\ y,\ \tau);\ v_z=0,$$

precum și **c.** axial-simetrică, la care:

$$v_x=v_x(x,\ r,\ \tau);\ v_r=v_r(x,\ r,\ \tau);\ v_\theta=0,$$

unde $(x,\ r,\ \theta)$ sînt coordonatele cilindrice.

În **c.** unidimensională:

$$v_x=v_x(x,\ \tau);\ v_y\equiv v_z\equiv 0.$$

Din punct de vedere *al poziției reciproce între fluid și frontieră*, se deosebesc: **c. interioară**, cînd frontiera domeniului cuprinde în interior fluidul (ex.: **c.** în canale, conducte) și **c. exterioară**, cînd fluidul se mișcă în jurul unui corp solid (ex.: **c.** în jurul cilindrului sau al unui profil).

După *natura frontierei*, **c.** poate fi **sub presiune**, avînd domeniul mărginit de pereți solizi, cu suprafața liberă caracterizată prin existența unei porțiuni a frontierei în contact cu atmosfera și **c. sub formă de jet**, la care întreaga frontieră este o suprafață de separație de un alt fluid.

Studiul **c.** se poate face în cadrul diferitelor modele de fluid. Astfel, se poate considera **c.** fluidelor perfecte (nevîscoase, incompresibile), în cadrul căreia o clasă importantă o constituie **c.** potențială (irotațională), caracterizată prin rot $v=0$ în tot domeniul **c.** Pe de altă parte, în **c.** fluidelor reale se deosebesc două regimuri de **c.**: laminar și turbulent. **C.** este laminară, cînd numărul Reynolds are pentru **c.** în conducte expresia $\mathrm{Re}=w\cdot d/\nu$, unde w este viteza; d — diametrul conductei; ν — viscozitatea cinematică a fluidului este sub o valoare critică (Re la **c.** în conducte are o valoare limită inferioară de cca 2 340).

C. fluidelor compresibile poate fi clasificată după valoarea numărului Mach, avînd expresia $\mathrm{M}=\frac{w}{a}$, unde w este viteza fluidelor, iar a — viteaz sunetului. Astfel, se deosebesc: **c.** subsonică, la care $\mathrm{M}<1$ și **c.** supersonică, la care $\mathrm{M}<1$.

Din punct de vedere al *regimului termic*, **c.** poate fi **adiabatică**, adică fără schimb de căldură cu exteriorul (aceasta, la rîndul ei, poate fi izentropică sau neizentropică, după cum entropia sa se menține constantă sau nu). **C.** adiabatică a fluidelor ideale este izentropică, pe cînd cea a fluidelor reale sete neizentropică. Dacă **c.** se face cu schimb de căldură cu exteriorul, ea este o **c. neadiabatică.**

CURGERE NATURALĂ (Sin.: **Circulație naturală**). Circulație a unui lichid într-un circuit închis, alcătuit din două sisteme de canale de curgere verticale, cu un colector comun la partea inferioară, canalele fiind racordate la partea superioară la un tabmur separat. Unul din canalele verticale conține o suprafață de schimb de căldură, care produce încălzirea lichidului sau, prin fierbere, un amestec bifazic (canal de curgere ascendentă); celălalt canal conține numai faza lichidă, de regulă slab încălzită (canal de curgere descendentă). Datorită diferențelor de densitate a fluidului, greutatea coloanei de lichid din canalul de coborîre (descendent) este mai mare decît greutatea coloanei de lichid încălzit sau de amestec bifazic din canalul de ridicare (ascendent), ceea ce crează o presiune de circulație și produce mișcarea fluidului în circuit închis.

C. n. se întîlnește într-o serie de instalații termice, între care: sistemul fierbător din generatoarele de abur clasice sau nucleare cu circulație naturală, vaporizatoarele de proces din industriile chimică, alimentară etc., instalațiile de încălzire a clădirilor și instalațiile în care au loc procese industriale de răcire. Utilizarea circulației naturale într-o serie de cazuri practice se datorează faptului că aceasta asigură viteze corespunzătoare de circulație a fluidelor, fără consum suplimentar de energie de pompare. Eficiența circulației naturale scade cu creșterea presiunii fluidului din circuit, datorită micșorării diferenței de densitate a fluidului între ramura rece (de coborîre) și ramura caldă (de ridicare). De exemplu, pentru apă, utilizarea circulației naturale este neindicată pentru presiuni mai mari de 140 bar.

Caracteristicile geometrice ale unui circuit simplu fierbător, cu circulație naturală (fig. C. 240) sînt: h_t — înălțimea totală a conturului (diferența dintre nivelul lichidului în tamburul separator și nivelul minim al canalului de coborîre); h_n, h_i — înălțimea porțiunii neîncălzite, respectiv încălzite a canalului de ridicare; h_f — înălțimea punctului de fierbere (distanța pe verticală între secțiunea de începere a încălzirii și secțiunea de începere a fierberii); h_v — înălțimea canalului neîncălzit cu conținut de vapori, pînă la nivelul lichidului în tambur; h_s — înălțimea suplimentară peste nivelul lichidului în tambur pînă în punc-

tul superior al canalului de ridicare. Din tambur se extrage debitul de vapori saturați m, care este compensat de debitul de lichid m_l. Pentru analiza funcționării circuitului cu circulație naturală, se admite $m=m_l$. În realitate, ținînd seama de debitul de purjă, $m_l=(1{,}005-1{,}03)\,m$.

Debitul m_c care intră în canal de coborîre este mai mare decît debitul de vapori m. Raportul:

$$m_x=\frac{m_c}{m}=\frac{1}{x}$$

poartă numele de *multiplu de circulație*; x este titlul vaporilor la ieșirea din zona încălzită.

Presiunea de circulație se calculează cu relația:

$$p_{circ}=h_t\cdot g\cdot\rho_{cob}-h_t\cdot g\cdot\overline{\rho}_{rid}=h_t\cdot g(\rho_{cob}-\overline{\rho}_{rid})=$$
$$=h_t\cdot\rho_{cob}\cdot g-g[h_n\cdot\rho_n+h_f\cdot\rho_f+$$
$$+(h_t-h_f)\cdot\overline{\rho}+h_v\cdot\rho_c]\quad[\mathrm{N/m^2}],$$

în care (cu notațiile din fig. C.240): ρ_{cob} este densitatea lichidului în canalul de coborîre cu înălțimea h_t [kg/m³]; ρ_{rid} — densitatea medie în canalul de ridicare [kg/m³]; ρ_n, ρ_f — densitatea lichidului pe porțiunea neîncălzită h_f, respectiv pe porțiunea încălzită h_n [kg/m³]; ρ — densitatea medie a amestecului bifazic pe porțiunea încălzită h_t-h_n [kg/m³]; ρ_c — densitatea amestecului bifazic pe porțiunea neîncălzită h_v [kg/m³]; g — accelerația gravitației [m/s²]. Cotele h_t, h_n, h_f, h_l și h_v se exprimă în m.

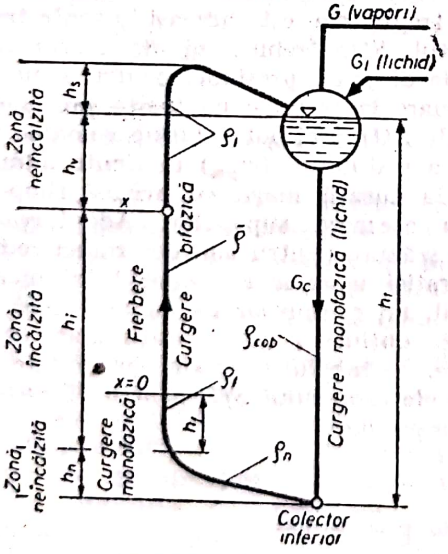


Fig. C.240. Caracteristicile geometrice ale unui circuit simplu fierbător cu circulație naturală.

Admițînd $\rho_{cob}=\rho_n$ iar pentru presiuni medii și înalte $\rho_{cob}=\rho_f$, precum și absența încălzirii pe porțiunea bifazică ($h_v=0$), presiunea de circulație capătă forma simplificată:

$$p_{circ}=g(h_t-h_f)(\rho_{cob}-\overline{\rho})\quad[\mathrm{N/m^2}].$$

Presiunea de circulație servește la acoperirea pierderilor de presiune din întregul circuit, Δp_{cob} pe canalul de coborîre, respectiv Δp_{rid} pe canalul de ridicare, adică:

$$\Delta p_{circ}=\Delta p_{cob}+\Delta p_{rid}\quad[\mathrm{N/m^2}].$$

Diferența dintre presiunea de circulație și rezistența hidraulică a canalului de ridicare poartă numele de presiune utilă:

$$p_{util}=p_{circ}-\Delta p_{rid}=\Delta p_{cob}\quad[\mathrm{N/m^2}].$$

Relația de mai sus poartă denumitea de *ecuație a circulației naturale*. Pentru un circuit închis dat, toți termenii ecuațiilor se pot exprima în funcție de debitul masic ce curge prin circuit, de exemplu, în funcție de debitul de lichid m. În fig. C.241 se prezintă rezolvarea

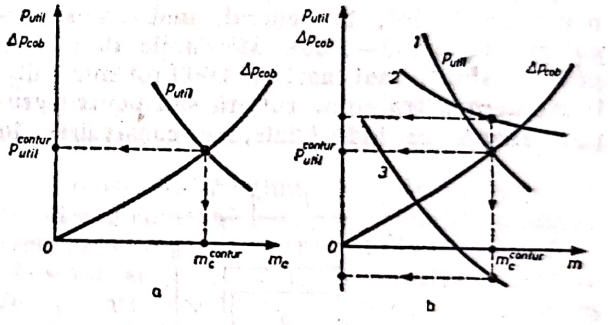


Fig. C.241. Rezolvarea grafică a ecuației circulației pentru un contur simplu:
a — fără înălțime suplimentară; *b* — cu înălțime suplimentară; *1* — presiunea utilă a conturului; *2* — presiunea utilă a zonei încălzite; *3* — presiunea utilă a zonei suplimentare h_s cu curgere bifazică.

grafică a ecuației circulației în funcție de debitul m_c pentru un circuit fără înălțime suplimentară și pentru un circuit cu înălțime suplimentară. Se menționează, că înălțimea h_s prin care curge mediul bifazic produce o rezistență hidraulică suplimentară în circuit. Punctul de intersecție al curbelor $p_{util}=f(m_c)$ și $\Delta p_{cob}=f(m_c)$ din fig. C.241 determină regimul de funcționare la echilibru al circuitului cu circulație naturală pentru care se îndeplinește condiția: $p_{util}=\Delta p_{cob}$.

Siguranța **c.n.** poate fi afectată de existența unor defecte apărute în canalele de ridicare și de coborîre, care perturbă funcționarea stabilă a circuitului. Dintre acestea se menționează: stagnarea sau inversarea circulației în anumite canale paralele de ridicare slab încălzite, datorită unei presiuni insuficiente de circulație în canalele respective; apariția vaporilor în sistemul de coborîre, datorită mai multor cauze: prelevarea de vapori din tambur, fier-

Scanned with OKEN Scanner

berea lichidului la intrarea în sistemul de coborîre (cavitaţie), formarea de vapori în sistemul de coborîre la încălzirea acestuia; apariţia depunerilor în sistemul de ridicare, ceea ce înrăutăţeşte transferul de căldură şi ridică temperatura pereţilor.

CURSA PISTONULUI. Dimensiune fundamentală a maşinilor termice cu piston, care reprezintă spaţiul parcurs de piston între cele două puncte moarte şi care se notează cu S (fig. C.242). Raportul dintre c.p. şi alezaj se numeşte *raportul de cursă pe diametru* şi se notează cu ψ $\left(\psi = \frac{S}{D}\right)$. În construcţia motoarelor cu ardere internă cu piston, raportul ψ are semnificaţii deosebite, funcţionale şi constructive. Astfel, motoarele care au $\psi=1$ se numesc *motoare pătrate* ($S=D$), motoarele care au $\psi<1$ se numesc *motoare subpătrate*, iar cele care au $\psi>1$ se numesc *motoare suprapătrate*. Motoarele cu aprindere prin scînteie sînt în general motoare subpătrate ($\psi=0{,}7-0{,}95$). Motoarele cu aprindere prin comprimare diesel sînt, în general, motoare suprapătrate ($\psi=1{,}05-1{,}35$). Motoarele diesel rapide (cu turaţii mai mari de 3 000 rot/min), utilizate pentru tracţiune rutieră sau pentru grupuri energetice industriale, se construiesc în soluţie pătrată ($\psi=1$). Pentru motoarele diesel navale şi cele cu dublu efect $\psi=2-2{,}5$.

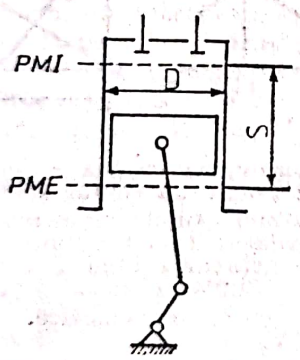


Fig. C.242. Schemă pentru definirea cursei pistonului:
PMI — punct mort interior; *PME* — punct mort exterior; *D* — alezaj; *S* — cursa pistonului.

Realizarea unor motoare cu aprindere prin scînteie cu cursă scurtă ($\psi<1$) este avantajoasă din mai multe puncte de vedere: permite realizarea unor motoare de putere litrică mărită, prin mărirea turaţiei (mărirea lui D pentru creşterea puterii litrice este limitată de detonaţie şi de încărcarea termică); conduce la creşterea secţiunii litrice a supapei de admisie (la o cilindree dată, o cursă mică permite creşterea lui D şi, deci, a diametrului talerului supapei), ceea ce previne pericolul reducerii coeficientului de umplere la turaţii ridicate; permite realizarea unor motoare cu înălţime redusă, avantaj important pentru autoturisme, datorită spaţiului limitat de sub capotă; contribuie la mărirea rigidităţii arborelui cotit (raza manivelei, $r=S/2$, se micşorează).

Pentru motoarele diesel, avantajele enunţate sînt mai puţin importante, deoarece turaţia acestora este apreciabil mai mică decît turaţia motoarelor cu aprindere prin scînteie. Cursa scurtă prezintă chiar un dezavantaj: contribuie la creşterea forţei de presiune a gazelor datorită măririi alezajului, forţă care în cazul motoarelor diesel are un nivel ridicat, din cauza rapoartelor mari de comprimare. Ca urmare, formula motorului subpătrat ($\psi<1$) conduce la reducerea durabilităţii motorului diesel, sau impune supradimensionarea pieselor sale, respectiv, utilizarea unor materiale şi tehnologii de fabricaţie superioare.

În cazul compresoarelor cu piston în mai multe trepte, c.p. este aceeaşi la toate treptele. Raportul S/D trebuie să fie foarte mic la treptele de joasă presiune, pentru a nu deveni prea mare la treptele de înaltă presiune. Rapoartele S/D mici pot menţine valoarea vitezei medii a pistonului (w_{pm}) în limite admisibile, chiar la turaţii mari, cu acelaşi timp-spaţiu pentru aşezarea supapelor. Adoptarea unor valori scăzute pentru c.p. determină reducerea acceleraţiei maselor echipamentului mobil. În general, un compresor cu valoare mică a c.p. permite obţinerea unor turaţii mari de funcţionare. În tabelul C.36 sînt prezentate cîteva valori ale raportului S/D pentru diferite tipuri de compresoare.

Tabelul C.36

Rapoarte S/D pentru compresoare cu piston

Tipul de compresor	n [rot/min]]	λ (coeficient de debit)	w_{pm} [m/s]	S/D
I	750—2 000(2 800)	0,6—0,8	2—4	0,5—1,0
II	1 000—1 500(2 300)	0,7—0,85	4,5—5,5(6—8)	0,45—0,85
III	500—1 000	0,7—0,85	(2,5)3,5—4	0,4—0,9
IV	200— 750	0,7—0,85	2,5—4(5)	0,4—1,0

CUZINET. Element constructiv al lagărelor de alunecare, separat de arbore prin pelicula de lubrifiant, constituind suportul de alunecare al lagărului și care are rolul de a prelua forțele radiale, axiale sau combinate ale lagărului, permițînd, totodată, mișcarea de rotație sau oscilație a fusului. În construcția mașinilor termice, lagărele arborelui cotit, ale arborelui cu came și ale arborilor altor agregate auxiliare sînt prevăzute cu **c.**

C. poate fi realizat: dintr-o singură bucată (în formă de piesă cilindrică), caz în care se numește bucșă; din două bucăți semicilindrice, numite semicuzineți; din trei sau mai multe bucăți, caz în care există posibilitatea reglajului pentru compensarea uzurilor sau crearea penelor multiple de ulei. **C.** sînt susținuți de corpul lagărului căruia îi transmit sarcina. În acest sens, suprafața de rezemare a **c.** pe corp trebuie să fie suficient de mare, pentru a asigura o bună repartizare a sarcinii și a se evita deformarea **c.** La motoarele termice, **c.** lagărului se montează cu strîngere; aceștia sînt asigurați contra rotirii prin știfturi de blocare sau proeminențe exterioare, deplasarea axială fiind împiedicată prin gulere frontale (fig. C.243).

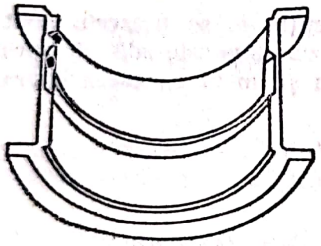


Fig. C.243. Semicuzinet cu guler.

La motoarele cu ardere internă, în cele mai multe cazuri, se utilizează **c.** cu pereți subțiri, realizați dintr-un suport de oțel pe care se aplică unul sau două straturi de material antifricțiune (**c.** bimetalici și trimetalici).

Pentru asigurarea unui regim hidrodinamic de ungere optim, cuplul cuzinet-fus trebuie să îndeplinească următoarele condiții: dimensionare corespunzătoare pentru evitarea presiunilor specifice prea ridicate și deformarea ansamblului; utilizarea unor materiale cu caracteristici mecanice adecvate regimului de presiuni din lagăr; respectarea geometriei și calității impuse suprafețelor de frecare, astfel ca pelicula de lubrifiant să nu fie întreruptă de microasperitățile suprafețelor: utilizarea unui lubrifiant cu o viscozitate corespunzătoare, rezistent la oxidare; asigurarea unei presiuni de alimentare și a unui debit suficient de mare pentru alimentarea corespunzătoare cu lubrifiant a lagărului și evacuarea căldurii produse prin frecare.

Durabilitatea și fiabilitatea ansamblului sînt determinate și de jocurile dintre **c.** și fus: jocurile prea mari conduc la creșterea consumului de ulei, datorită scăpărilor laterale, iar jocurile prea strînse nu asigură ungerea corectă a cuplului fus-cuzinet, determinînd apariția gripajelor premature. Jocul optim se poate aprecia la $(0{,}004-0{,}012)\cdot d$, unde d este diametrul fusului. Cînd condițiile de montaj, ungere și funcționare sînt satisfăcute, durabilitatea normală a **c.** pentru motoare cu ardere internă, corespunzătoare diferitelor domenii de utilizare, este indicată în tabelul C.37.

Tabelul C.37

Durabilitatea cuzineților motoarelor termice

Domenii de utilizare	Durabilitatea, în ore
Motoare cu piston pentru avioane	4 000—4 500
Idem pentru automobile	2 000—3 000
Idem pentru camioane și tractoare	3 000—4 000
Idem pentru tracțiune feroviară și navală	10 000—15 000
Idem industriale și compresoare cu piston	15 000—25 000

Aliajele antifricțiune pentru **c.** mașinilor termice trebuie să satisfacă condiții multiple: rezistență mecanică suficientă, rezistență la oboseală și la temperaturi relativ înalte de funcționare; coeficient de frecare redus și capacitate antigripantă; grad ridicat de conformabilitate; rezistență la coroziune; capacitate de încorporare a particulelor dure, abrazive (incrustabilitate); aderență bună la corpul **c.**; conductibilitate termică ridicată; prelucrabilitate bună prin așchiere; preț de cost redus. Date referitoare la ponderea relativă a proprietăților aliajului antifricțiune asupra siguranței în funcționarea **c.** sînt prezentate în tabelul C.38.

Tabelul C.38

Ponderea relativă a proprietăților aliajului antifricțiune

Proprietatea	Ponderea [%]
Rezistența la oboseală	60
Conformabilitatea*	10
Rezistența la gripare	10
Duritatea fusului	5
Rezistența la coroziune	5
Incorporarea particulelor dure (incrustabilitate)	5
Aderența pe carcasa de oțel	2
Variația durității cu temperatura	2
Conductivitatea termică	1

*Proprietatea materialului de a se adapta (conforma) la geometria suprafețelor conjugate

Pentru a satisface condiţiile menţionate, structura aliajelor antifricţiune trebuie să cuprindă două faze: o fază moale şi plastică (Sn, Pb, Al) cu proprietăţi antifricţiune favorabile şi o fază dură (compuşi definiţi ai Sn, Pb, Cu, Al), care suportă forţa de presiune transmisă de arbore. Aliajele antifricţiune utilizate în construcţia c. pentru maşinile termice se grupează în mai multe clase: aliaje antifricţiune pe bază de staniu, la care faza moale este constituită din soluţie solidă pe bază de Sn, incluziunile dure fiind compuşii Cu_3Sb, SnSb; aliaje antifricţiune pe bază de plumb, la care faza moale este alcătuită din Pb, incluziunile dure fiind compuşi ai plumbului cu elemente de aliere (PbCu, $PbCu_3$); aliaje antifricţiune pe bază de cupru, numite frecvent bronzuri de plumb (BzPb), la care faza moale, plumbul, este cuprinsă sub formă de incluziuni în faza dură, cuprul; aliaje antifricţiune pe bază de aluminiu, care suportă presiuni specifice foarte înalte; aliaje antifricţiune pe bază de argint, care suportă presiuni specifice înalte, au rezistenţă mare la oboseală şi coroziune, dar sînt foarte scumpe. Pentru îmbunătăţirea calităţilor antifricţiune, unii c. se prevăd şi cu un strat de protecţie superficială (20—30 microni grosime), care îmbunătăţeşte atît rezistenţa la coroziune, cît şi calităţile de frecare; compoziţia acestui strat poate fi Pb+0,05·In, Pb+0,1·Sn, Pb+0,1·Sn+0,03·Cu. Aceşti c. se numesc trimetalici.

Pentru c. cu pereţi subţiri pe bază de aluminiu, suportul lor se execută din bandă de oţel ambutisat, iar aplicarea aliajului antifricţiune (într-un strat sau în două straturi) se face prin placare sau sinterizare. Suprafaţa de alunecare a c. se poate acoperi cu un strat de 2—3 microni de staniu, depus pe cale galvanică.

Pentru c. cu pereţi groşi, la care aplicarea materialului antifricţiune se face psln turnare, asigurarea legăturii solide dintre corpul c. şi materialul antifricţiune se realizează prin frezarea unor „cozi de rîndunică“ în interiorul c. sau prin strunjirea cu avans mare astfel, încît să rezulte o suprafaţă rugoasă cu aspect de filet, în care se ancorează materialul antifricţiune (fig. C.244).

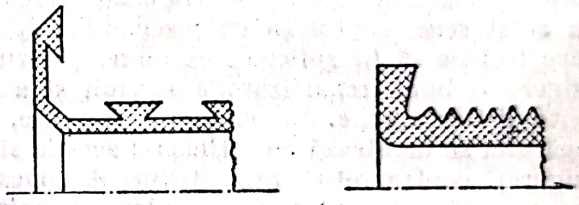


Fig. C.244. Soluţii constructive de ancorare a materialului antifricţiune în materialul suport.

La execuţia c. se prescriu abateri strînse de la precizia dimensională, de formă şi poziţie, precum şi de la calitatea suprafeţei.

Scanned with OKEN Scanner

D

DALTON, John. Fizician și chimist englez (1766—1844). Este autorul unei legi privind amestecurile de gaze și unul din precursorii teoriei atomice moderne.

DALTON (Legea lui). „Presiunea exercitată de un amestec de gaze este egală cu suma presiunilor parțiale pe care le-ar exercita fiecare component, dacă ar ocupa singur volumul amestecului, la aceeași temperatură". Se exprimă analitic sub forma:

$$p_{am} = \sum_{i=1}^{i=n} p_i \quad [\mathrm{N/m^2}],$$

unde: p_{am} este presiunea amestecului de gaze, iar p_i — presiunea parțială exercitată de componentul i.

Pentru fiecare component dintr-un amestec de gaze perfecte se poate scrie ecuația generală de stare a gazelor perfecte:

$$p_i V = m_i R_i T,$$

unde: V este volumul total al amestecului; m_i — masa corespunzătoare a componentului i; R_i — constanta specifică gazului respectiv; T — temperatura gazului. Presiunea parțială a unui component oarecare al amestecului este dată de relația:

$$p_i = r_i p_{am} \quad [\mathrm{N/m^2}],$$

unde r_i este participația volumică a componentului i în amestec, în aceleași condiții de presiune și temperatură.

DEBIT. Cantitate de fluid care străbate o secțiune (de conductă sau de canal) în unitatea de timp. Notînd cu w_n componenta vitezei normală pe elementul de suprafață $\mathrm{d}S$, **d. volumetric** ce trece prin suprafața S este:

$$\dot{V} = \int w_n \cdot \mathrm{d}S \quad [\mathrm{m^3/s}].$$

Masa de fluid care străbate secțiunea în unitatea de timp se numește **d. de masă** sau **d. masic** și este:

$$\dot{m} = \int \rho \cdot w_n \cdot \mathrm{d}S \quad [\mathrm{kg/s}],$$

unde ρ este densitatea fluidului [$\mathrm{kg/m^3}$]. Măsurarea **d.** masic se face cu ajutorul unor aparate numite debitmetre. Măsurarea **d.** volumetric de fluid V care trece printr-o conductă într-un interval de timp $\Delta\tau$ se face cu ajutorul contoarelor care integrează **d.** în intervalul respectiv de timp:

$$V_\tau = \int_{\Delta\tau} \dot{V} \mathrm{d}\tau \quad [\mathrm{m^3}].$$

Dacă se raportează **d.** la aria secțiunii perpendiculare pe liniile de curent ale fluidului, se obține **d.** *specific*, care poate fi la rîndul lui, volumetric sau masic:

$$\frac{\dot{V}}{S_n} = w \quad [\mathrm{m/s}];$$

$$\frac{\dot{m}}{S_n} = \rho w \quad [\mathrm{kg/m^2 s}].$$

DEBITMETRU. Aparat cu care se poate măsura în mod continuu cantitatea de fluid ce curge în unitatea de timp prin secțiunea de trecere a unei conducte sau a unui canal.

Debitul de fluid este o mărime care nu poate fi determinată prin măsurători directe, ci numai prin procedee indirecte, între care cele mai utilizate sînt: măsurarea căderii de presiune într-un organ de strangulare montat pe conductă, măsurarea presiunii dinamice a fluidului, măsurarea forței exercitate asupra unui corp plasat în curentul de fluid, măsurarea unor efecte de natură termică sau electromagnetică în raport cu fluidul.

Scanned with OKEN Scanner

Principiul metodei măsurării debitului de fluid care curge sub presiune printr-o conductă, prin intermediul căderii de presiune într-un organ de strangulare, se bazează pe faptul că micşorarea bruscă a secţiunii de trecere determină schimbarea raportului între energia cinetică şi cea potenţială a fluidului. Astfel, conform legii lui Bernoulli, se poate calcula viteza în secţiunea minimă (strangulată) pe baza diferenţei dintre presiunea în amonte şi cea în aval faţă de organul de strangulare:

$$w_0=\alpha\sqrt{2\Delta p/\rho} \quad [\text{m/s}],$$

unde α este coeficientul de debit; Δp — diferenţa presiunilor în amonte şi aval; ρ — densitatea fluidului.

Organele de strangulare folosite pentru măsurarea debitelor de fluide sînt: *diafragmele* (fig. D.1), *ajutajele* şi *tuburile Venturi* (fig. D.2). Faţă de ajutaje, diafragmele au avantajul simplităţii constructive, ceea ce face ca ele să fie mai des folosite în practică. În cazul în care este necesar ca pierderea de presiune Δp să fie cît mai mică, se utilizează tuburile Venturi, care prezintă însă dezavantajul unei construcţii complicate şi, implicit, al unui cost mai ridicat.

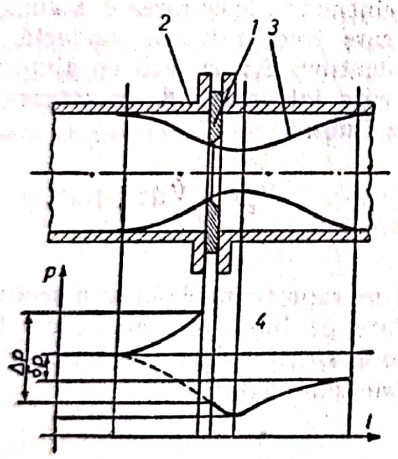


Fig .D.1. Măsurarea debitului de fluid cu ajutorul diafragmei:
1 — diafragmă de măsurare; *2* — conductă; *3* — îngustarea vînei de fluid; *4* — diagrama de variaţie a presiunii statice a fluidului.

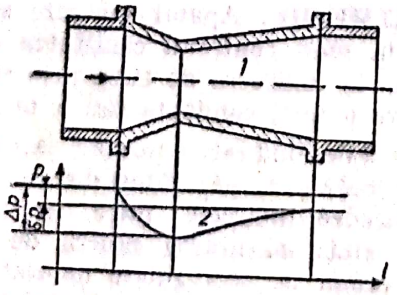


Fig. D.2. Măsurarea debitului de fluid cu ajutorul tubului Venturi:
1 — tub Venturi; *2* — diagrama de variaţie a presiunii statice a fluidului.

În fig. D.3 este prezentată comparativ valoarea pierderii de presiune remanentă, raportată la căderea maximă de presiune $x=\left(\frac{dp}{\Delta p}\right)_{max}$, pentru fiecare din cele trei tipuri de organe de strangulare. Măsurarea debitelor de fluid cu ajutorul diafragmelor şi ajutajelor este reglementată prin STAS 7347-83, unde se precizează condiţiile generale de aplicare a metodei, precum şi valorile determinate experimental ale coeficientului de debit şi ale corecţiilor acestuia pentru conducte cu diametrul între 50 şi 1 000 mm şi cu cifra Reynolds cuprinsă între $5\cdot10^3$ şi $1\cdot10^6$. Utilizarea în bune condiţii a diafragmelor şi ajutajelor pentru măsurarea debitului de fluid este determinată de existenţa în amonte a unei porţiuni minime rectilinii de conductă, precum şi de necesitatea ca fluidul să prezinte o singură fază.

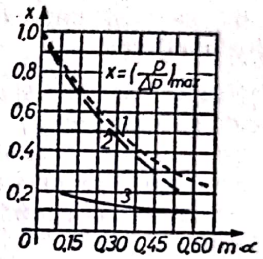


Fig. D.3. Diagrama pierderilor de presiune remanentă în organele de strangulare:
1 — diafragme; *2* — ajutaje; *3* — tuburi Venturi.

O altă metodă de măsurare a debitului de fluid este determinarea presiunii dinamice şi, implicit, a vitezei fluidului cu ajutorul *tubului Pitot-Prandtl* (fig. D.4). Cu un manometru diferenţial conectat la acesta se poate obţine direct valoarea presiunii dinamice, pe baza căreia se poate calcula viteza fluidului:

$$w=\sqrt{\frac{2p_d}{\rho}} \quad [\text{m/s}],$$

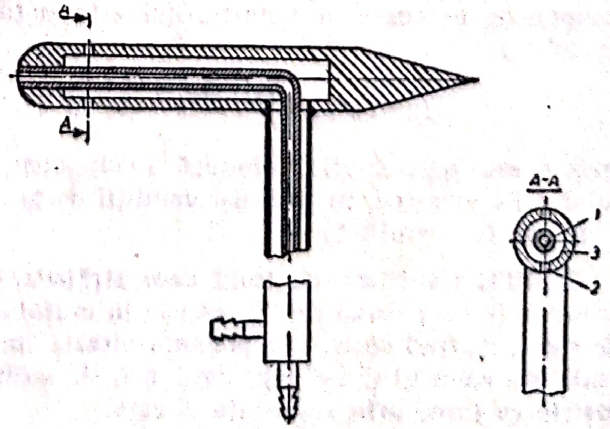


Fig. D.4. Tub Pitot—Prandtl:
1 — priză de presiune totală; *2* — priză de presiune statică; *3* — corpul tubului.

Scanned with OKEN Scanner

unde p_d este presiunea dinamică, iar ρ — densitatea.

Întrucît viteza fluidului variază de-a lungul unui diametru al secțiunii de trecere a conductei, pentru o măsurare de calitate este necesară determinarea vitezei în mai multe puncte ale secțiunii, aflate pe două diametre perpendiculare, stabilirea profilului vitezelor în secțiunea respectivă și determinarea vitezei medii. Metoda este recomandată pentru măsurători ocazionale sau executate la intervale mari de timp și nu ca metodă de măsură curentă în exploatare.

Pentru măsurarea debitelor mici de fluid se folosesc **d.** tip *rotametru*. Acest aparat este alcătuit dintr-un tronson tronconic vertical (de cele mai multe ori transparent) prin care fluidul circulă în sens ascendent. În curentul de fluid se găsește suspendat un corp (plutitor) (fig. D.5) asupra căruia acționează forța gravitațională și cea hidrodinamică. Echilibrul acestor forțe determină poziția corpului în raport cu vasul tronconic. Întrucît forța de greutate este un invariant, poziția corpului va fi determinată de mărimea vitezei fluidului prin tronson:

$$V(\rho-\rho_f)=C_R \cdot S \cdot \rho_f \frac{w_f^2}{2},$$

unde: V este volumul corpului suspendat (plutitor); ρ — densitatea plutitorului; ρ_f — densitatea fluidului; S — secțiunea transversală de curgere; C_R — coeficientul de rezistență hidrodinamică; w_f — viteza fluidului. Deci, înălțimea la care se ridică corpul suspendat în vasul tronconic reprezintă la scară o măsură a debitului de fluid care trece prin rotametru. Aparatul nu poate fi folosit în cazul fluidelor ce conțin impurități. El poate fi intercalat în orice punct al traseului conductei. Domeniul de măsurare este 10^{-3}—800 m³/h pentru gaze și $5 \cdot 10^{-4}$—80 m³/h pentru lichide, limita erorilor atingînd în medie 2—3%.

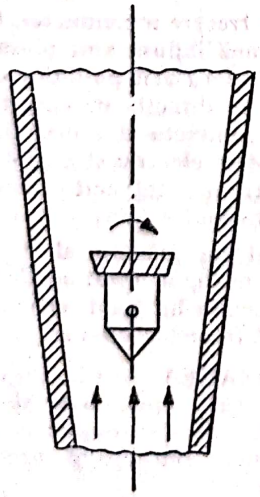


Fig. D.5. Principiul de măsurare a debitului de fluid cu rotametrul.

Metoda de măsurare a debitului prin plasarea în curentul de fluid a unui *rotor cu palete* (*morișcă*) a cărui turație este proporțională cu viteza medie a fluidului se recomandă, mai ales, pentru fluidele vîscoase și debite mici. Problema dificilă în acest caz o constituie transmiterea cu precizie în exteriorul conductei a turației rotorului.

La **d.** realizate pînă în prezent, pentru transmiterea turației se folosesc procedee speciale (electromagnetic sau cu ajutorul unei surse radioactive). Astfel, *sistemul Turboquant* utilizează procedeul transmiterii turației rotorului prin inducție electromagnetică (fig. D.6).

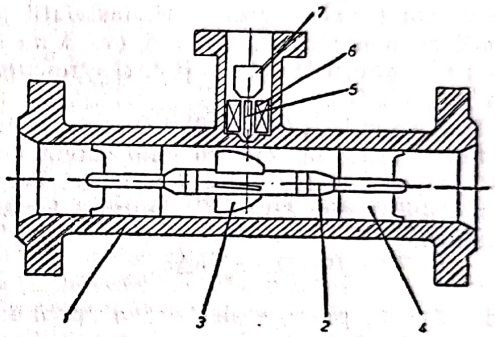


Fig. D.6. Măsurarea debitului de fluid cu ajutorul unui rotor cu palete:
1 — corpul aparatului; *2* — rotor; *3* — palete; *4* — lagăr; *5* — miez de fier; *6* — electromagnet; *7* — magnet permanent.

Sursa radioactivă poate fi montată în exteriorul conductei (fig. D.7) sau chiar pe aripioarele morișții (fig. D.8); în acest ultim caz, detectorul primește două impulsuri de amplitudini diferite din care rezultă atît viteza, cît și sensul de curgere al fluidului. Limita erorilor medii este în acest caz de circa +0,75%.

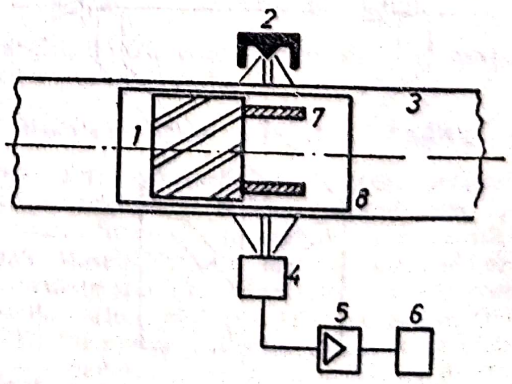


Fig. D.7. Măsurarea debitului de fluid cu ajutorul izotopilor radioactivi — metoda I:
1 — rotor cu palete; *2* — sursă de radiații; *3* — conductă; *4* — detector de radiații; *5* — amplificator; *6* — aparat de măsură; *7* — piese inerțiale; *8* — piesă inelară.

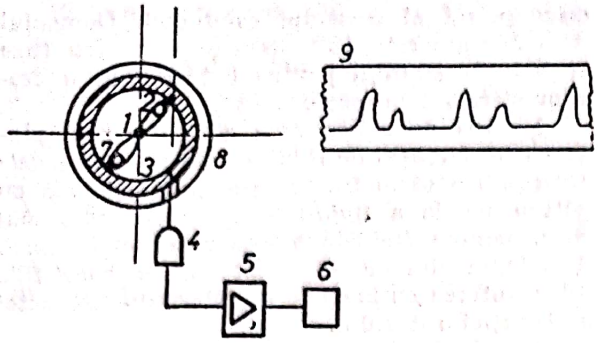


Fig. D.8. Măsurarea debitului de fluid cu ajutorul izotopilor radioactivi — metoda II:
1 — rotor cu palete; *2* — sursă de radiații; *3* — conductă; *4* — detector de radiații; *5* — amplificator; *6* — oscilograf; *7* — contragreutate; *8* — cămăși de protecție; *9* — oscilogramă.

Tot în categoria aparatelor cu o arie de utilizare mai restrînsă (cercetări, instalații pilot) se află anemometrul cu fir cald (v. Anemometru), **d.** electrocaloric și **d.** electromagnetic sau **d.** inductiv.

D. *electrocaloric* (fig. D.9) măsoară gradientul de temperatură la trecerea unui curent de gaz peste un conductor încălzit electric, determinînd debitul din ecuația bilanțului termic la echilibru:

$$P = D_g \cdot c_{pg} \cdot \Delta t_g,$$

unde: P este puterea electrică disipată în rezistorul de încălzire; D_g — debitul de gaz; c_{pg} — căldura specifică; Δt_g — creșterea de temperatură a gazului la trecerea peste rezistorul de încălzire. În acest caz, sînt două posibilități pentru determinarea debitului de fluid și anume: a) menținerea constantă a puterii P, necesară încălzirii și stabilirea proporționalității între D_g și Δt_g; b) menținerea constantă a gradientului Δt_g, evaluarea debitului D_g făcîndu-se în funcție de puterea P consumată, ceea ce permite citirea directă a debitului pe un voltmetru etalonat corespunzător, care permite și contorizarea lui. Măsurarea debituiul de fluid pe baza inducției electromagnetice care se efectuează cu **d.** *electromagnetic* se poate aplica numai fluidelor bune conducătoare de electricitate care ocupă complet secțiunea de trecere a conductei prin care circulă (fig. D.10).

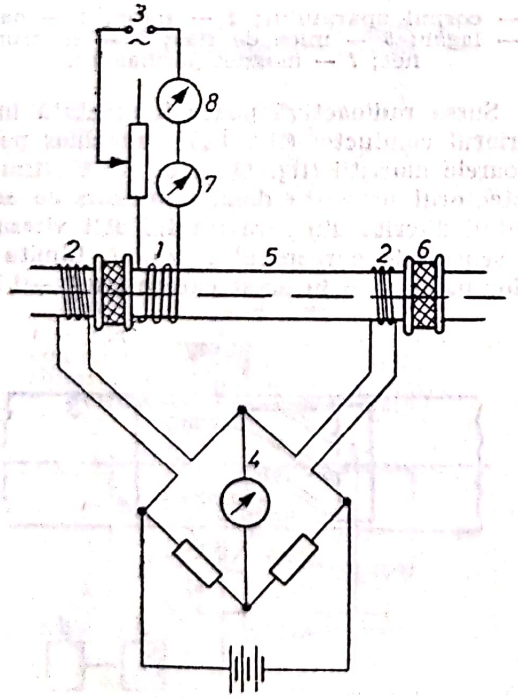


Fig. D.9. Măsurarea electrocalorică a debitului de fluid:
1 — rezistență de încălzire; *2* — termorezistență; *3* — sursă de tensiune pentru încălzire; *4* — punte de măsură; *5* — conductă izolată termic; *6* — izolație; *7* — wattmetru; *8* — contor electric.

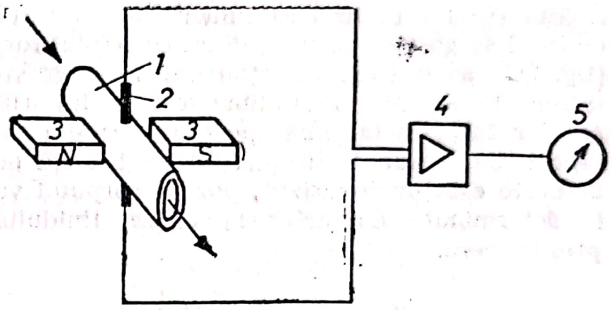


Fig. D.10. Măsurarea inductivă a debitelor de fluid:
1 — conductă din material magnetic; *2* — electrozi de măsură; *3* — magneți; *4* — amplificator; *5* — voltmetru electronic.

La trecerea fluidului printr-un cîmp magnetic uniform, perpendicular pe direcția de curgere, se induce o tensiune electrică avînd mărimea $E = B \cdot l \cdot w_{med}$, unde: B este inducția magnetică; l — distanța între electrozi; w_{med} — viteza medie a fluidului. Debitul de fluid rezultă din relația $D = \frac{ES}{Bl}$, unde S este secțiunea de trecere a conductei. Electrozii care culeg tensiunea indusă sînt plasați pe o direcție perpendiculară atît pe liniile cîmpului magnetic, cît și pe direcția de curgere, fiind introduși într-o conductă din material izolant din punct de vedere electric și cuplați la un amplificator electronic, întrucît valoarea tensiunii induse E este foarte mică.

Domeniul de măsură al **d.** inductiv este 0,05—4 000 m^3/h, la presiuni de lucru pînă la 16 bar, utilizarea lui fiind recomandată în special în cazul fluidelor vîscoase.

DEDURIZAREA APEI. Proces de micșorare a densității apei. **D.a.** se poate obține prin procedee de descompunere termică, prin reacții chimice continue și prin procedee fizico-chimice.

D.a. *prin descompunere termică* este folosită pentru înlăturarea durității temporare. Prin încălzire, bicarbonații se descompun, precipi-

tatele obținute putînd fi ușor înlăturate. Reacția este:

$$Ca(HCO_3)_2 \rightarrow CaCO_3\downarrow + CO_2\uparrow + H_2O.$$

Reacția are loc la temperaturi de circa 100°C, dar reducerea durității este numai parțială, apa păstrînd o duritate remanentă în jur de 2°d. Procedeul nu este suficient pentru apa de adaos a cazanelor, dar poate fi folosită ca primă treaptă de tratare.

D.a. *prin reacții chimice continue* realizează precipitate, folosind unul din următorii reactanți:

— hidroxid de calciu (var):

$$Ca(HCO_3)_2 + Ca(OH)_2 \rightarrow 2CaCO_3\downarrow + 2H_2O;$$

— hidroxid de calciu și carbonat de sodiu (procedeul var-sodă); prin acest procedeu, se înlătură și principalele săruri care dau duritatea totală:

$$CaCl_2 + Na_2CO_3 \rightarrow CaCO_3\uparrow + 2NaCl$$

$$MgSO_4 + Na_2CO_3 \rightarrow MgCO_3\uparrow + Na_2SO_4.$$

În final, însă, apa rămîne îmbogățită în NaCl și Na_2SO_4 solubili. Schema unei instalații clasice de tratare cu var și sodă este dată în fig. D.11. O asemenea instalație are un gabarit mare, iar timpul de reacție este destul de îndelungat (70 min). Duritatea reziduală este destul de ridicată, reacțiile chimice avînd loc în conducte și pompe, unde se formează depuneri și apare o pierdere importantă de apă odată cu nămolul evacuat. Din aceste motive, procedeul clasic a fost înlocuit cu sistemul numit *agitare fără nămol sau Wirbos*. Reacțiile

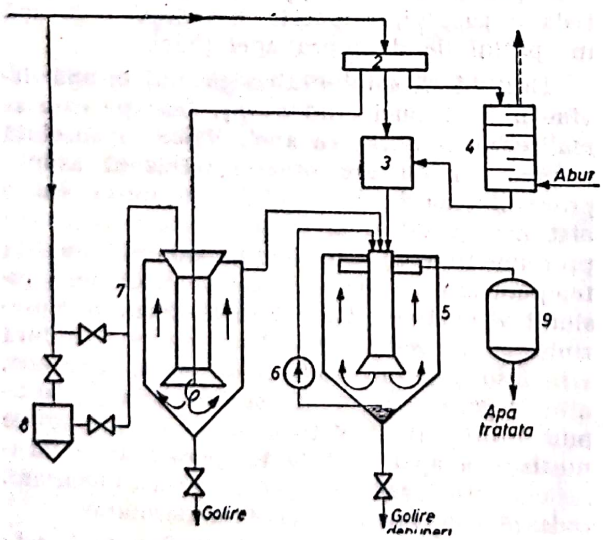


Fig. D.11. Schema unei instalații pentru dedurizarea apei:
1 — apă brută; *2* — distribuitor; *3* — rezervor de sodă; *4* — preîncălzitor de amestec; *5* — reactor; *6* — recirculare nămol; *7* — saturator de var; *8* — depozit de var; *9* — filtru mecanic.

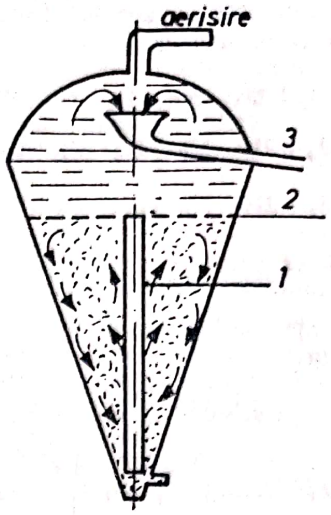


Fig. D.12. Reactor pentru instalații de dedurizare a apei:
1 — limită inferioară de umplere cu granule; *2* — limită superioară de umplere; *3* — ieșirea apei tratate.

au loc în reactoare de formă conică (fig. D.12). Produsul de reacție $CaCO_3$ se depune pe granulele de nisip aflate în suspensie în apă, datorită turbulenței din reactor. Cînd granulele de nisip, îmbrăcate în produsul de reacție, depășesc diametrul de 1 mm, se înlocuiesc cu nisip proaspăt ($d \sim 0{,}3$ mm). Timpul de reacție se reduce la cca 15 min, iar duritatea reziduală este de (0,3—2)°d.

— hidroxid de sodiu (soda caustică), care reacționează cu bicarbonații de Ca și Mg ca și varul, dînd precipitați insolubili și carbonat de sodiu. Carbonatul de sodiu reacționează în continuare cu sărurile care formează duritatea permanentă, reducînd-o parțial:

$$Ca(HCO_3)_2 + 2NaOH \rightarrow CaCO_3\rightarrow + Na_2CO_3 + 2H_2O$$

În paralel, NaOH reacționează și direct asupra sărurilor de magneziu:

$$MgSO_4 + 2NaOH \rightarrow Mg(OH)_2 + Na_2SO_4$$

D.a. *prin procedee fizico-chimice* folosește reacții reversibile de schimb de ioni între apă și o masă filtrantă, introdusă în niște filtre speciale. Masele filtrante, numite „mase ionice", sînt formate din rășini sintetice, avînd fixate grupe de cationi Na^+ sau H^+, sau anioni OH^- sau Cl^-. Cu ajutorul acestui procedeu se poate obține o dedurizare pînă la valori de (0,01—0,1)°d. Cationii aflați în apă sînt schimbați în mod selectiv, în ordinea următoare: Al^{3+}, Fe^{2+}, Ca^{2+}, Mg^{2+}, K^+, Na^+, H^+. Notînd cu R — radicalul masei ionice, reacțiile care au loc la d. cu mase Na-cationice sînt următoarele

(exemplul este dat pentru sărurile de Ca; cele de Mg se comportă analog):

$$Ca(HCO_3)_2+2R-Na\rightarrow R_2-Ca+2NaHCO_3;$$

$$CaSO_4+2R-Na\rightarrow R_2-Ca+Na_2SO_4;$$

$$CaCl_2+2R-Na\rightarrow R_2-Ca+2NaCl.$$

Se observă că sărurile care formează depuneri tari sînt înlocuite de săruri de Na solubile.

Pentru ape cu duritate mare se folosesc două filtre cu mase Na-cationice în serie (fig. D.13), primul avînd rolul de filtru activ, iar al doilea, de tampon, în scopul finisării procesului.

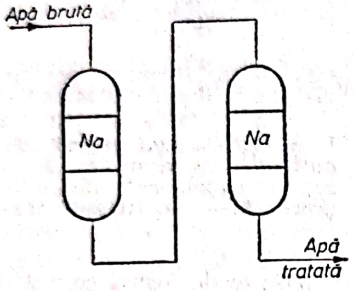


Fig. D.13. Sistem de filtrare pentru instalații de dedurizare a apei.

În cazul folosirii maselor H-cationice, reacțiile sînt asemănătoare cu cele de mai sus, însă apa tratată are un caracter acid:

$$Ca(HCO_3)_2+2R-H\rightarrow R_2-Ca+2CO_2+H_2O;$$

$$CaSO_4+2R-H\rightarrow R_2-Ca+H_2SO_4;$$

$$CaCl_2+2R-H\rightarrow R_2-Ca+2HCl.$$

Gazul carbonic rezultat poate fi eliminat prin vînturarea apei în curent de aer. Pentru a putea fi folosită, apa rezultată trebuie neutralizată. Acest lucru se poate face prin amestecarea ei cu apă brută sau prin trecerea ei printr-un filtru Na-cationic (fig. D.14).

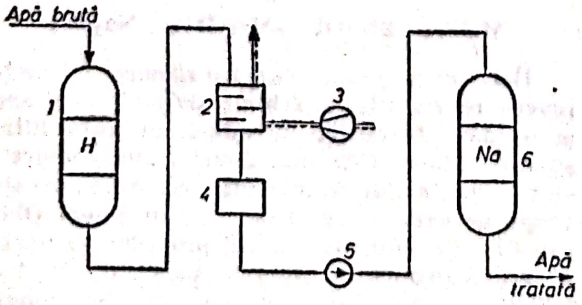


Fig. D.14. Instalație de neutralizare a apei: *1* — filtru H-cationic; *2* — degazor pentru CO_2; *3* — ventilator; *4* — rezervor de apă decarbonată; *5* — pompă; *6* — filtru Na-cationic.

DEGAZARE. Proces de îndepărtare a unui gaz dintr-un lichid, aflat într-un spațiu închis sau de pe o suprafață solidă.

Prin **d.** apei se înțelege extragerea gazelor corosive (a oxigenului) din apa de alimentare a generatoarelor de abur, a instalațiilor schimbătoare de căldură și a rețelelor termice, în scopul protejării împotriva coroziunii a suprafețelor metalice ale acestora. În contactul îndelungat cu aerul, apa absoarbe și dizolvă oxigen, bioxid de carbon și azot. Oxigenul este factorul esențial al coroziunii suprafețelor din oțel în contact cu apa, mai ales în condiții de temperatură și presiune ridicată. Coroziunea se datorează unui fenomen electrochimic, în care oxigenul joacă rolul de depolarizant al unei pile electrice produse local. Bioxidul de carbon din apă micșorează *p*H-ul, favorizînd și mai mult agresivitatea oxigenului. Azotul este un gaz inert, necorosiv.

D. lichidelor se poate face pe cale termică, chimică și prin vid mai mult sau mai puțin înaintat, ultimul procedeu reprezentînd de fapt tot o **d.** termică.

D. *termică* se bazează pe proprietatea gazelor de a părăsi un lichid în care sînt dizolvate, atunci cînd presiunea lor parțială din soluție este mai mare decît presiunea parțială a gazului din amestecul aflat deasupra suprafeței libere a lichidului. Conform legii lui Henry, cantitatea de gaz m dizolvată într-un lichid este:

$$m=K\cdot p_g=K(p-p_v) \quad [mg/kg],$$

unde: K este coeficientul de solubilitate a gazului [mg/kg·bar]; p — presiunea totală a gazelor și vaporilor care se află în spațiul de deasupra apei [bar]; p_g, p_v — presiunea parțială a gazului, respectiv a vaporilor de apă în spațiul de deasupra apei [bar].

Rezultă că solubilitatea gazului în apă devine nulă, atunci cînd $p=p_v$, condiție care se realizează la fierberea apei. Valoarea absolută a presiunii nu are practic influență asupra procesului de **d.**, **d.** termică putîndu-se realiza atît în vid, cît și la presiune atmosferică sau presiune ridicată, cu condiția aducerii apei la temperatura de fierbere corespunzătoare presiunii respective (fig. D.15). **D.** termică reprezintă un proces în care transferul de căldură este însoțit de un transfer de masă, și anume, difuzia gazelor dizolvate și desorbția lor, ultimul proces fiind determinant. Ca agent de încălzire a apei pînă la temperatura de saturație se utilizează aburul care, prin condensare, cedează cantitatea de căldură necesară.

Pentru îmbunătățirea condițiilor de **d.** este necesar să se mărească cît mai mult suprafața de separație între faze, pentru ca gazele dizolvate să poată trece cît mai ușor în spațiul de vapori. În acest scop, se face o pulverizare sau împrăștiere a apei în picături fine, șuviță sau

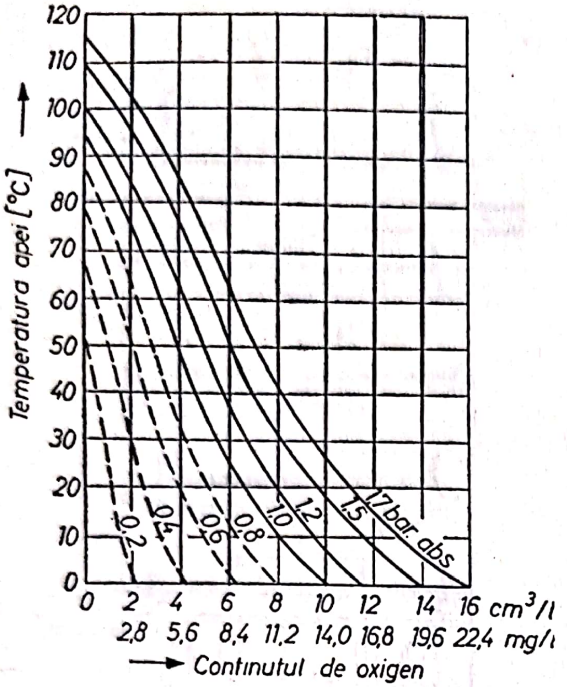


Fig. D.15. Solubilitatea oxigenului din aer în apă distilată.

pelicule, mărindu-se astfel suprafaţa de contact apă-abur. Creşterea suprafeţei de contact se poate realiza, de asemenea, prin barbotarea aburului de încălzire în volumul de apă. Schimbul de căldură şi masă în procesul **d.** termice se intensifică prin mărirea vitezei aburului, prin creşterea temperaturii, respectiv a presiunii de degazare şi prin ridicarea temperaturii iniţiale a apei.

Cantitatea de gaze degazată din apă se poate calcula cu relaţia:

$$\dot{m}=D(c_i-c_f)=\beta\cdot S\cdot\Delta p \ \text{[kg/h]},$$

în care: D este debitul de apă degazată [kg/h]; c_i, c_f — concentraţia iniţială, respectiv finală a gazelor în apă [kg/kg]; β — coeficientul de schimb de masă [kg/m²·h·bar]; S — suprafaţa totală de contact între apă şi abur [m²]; Δp — diferenţa medie logaritmică între presiunile parţiale ale gazului în apă şi în spaţiul de abur [bar].

Prin operaţia de **d.** termică se elimină cel mai eficient oxigenul (pînă la o concentraţie de 7—10 mg/kg). Bioxidul de carbon liber este eliminat mai greu, în special dacă acesta este conţinut şi în aburul de încălzire. Cel mai greu se elimină din apă amoniacul a cărui solubilitate, de exemplu, la temperatura de 100°C este de aproximativ 3 000 de ori mai mare decît cea a oxigenului şi de circa 150 de ori mai mare decît a bioxidului de carbon. Gradul de eliminare prin **d.** termică a amoniacului nu depăşeşte, de obicei, 8—10 %.

D. *chimică* se utilizează pentru eliminarea oxigenului din apă, de regulă, succedînd **d.** termică. În acest scop, se introduce un reactiv chimic care fixează oxigenul în compuşi stabili şi fără acţiune corosivă. Ca reactivi se utilizează hidratul de hidrazină ($N_2H\cdot H_2O$) sau sulfatul de hidrazină ($N_2H\cdot H_2SO_4$). Reacţia dintre hidratul de hidrazină şi oxigenul din apă este:

$$N_2H_4\cdot H_2O+O_2\rightarrow N_2+3H_2O.$$

Principalii factori care influenţează viteza acestei reacţii sînt: cantitatea de hidrazină, concentraţia O_2 în apă, temperatura şi indicele *p*H al apei, existenţa unor catalizatori. Reacţia este foarte slabă în mediile acide, ea intensificîndu-se prin mărirea temperaturii şi prin introducerea unor catalizatori dintre care cuprul este cel mai eficace. În cazul generatoarelor de abur, la care temperatura este de 200—300°C, indicele *p*H=9—10 şi în prezenţa unor mici cantităţi de cupru (catalizatori), reacţia este practic instantanee. În traseul parcurs de apă în instalaţie, hidrazina intră în reacţie şi cu oxizii de fier şi de cupru, la dozarea ei fiind necesar să se ţină seama şi de aceste reacţii. Introducerea hidrazinei se face în rezervorul degazoarelor termice sau imediat după acestea, cu ajutorul unor decantoare speciale. Dozarea trebuie făcută astfel, încît să existe un exces de hidrazină de 0,02—0,03 mg/kg.

Oxigenul din apă poate fi eliminat şi cu ajutorul unor schimbătoare de ioni cu masă puternic anionică, utilizînd radicalul SO^{2-}, metoda necăpătînd însă o largă utilizare practică.

Un alt procedeu de **d.** chimică a apei îl constituie trecerea acesteia printr-un filtru, care prin acţiune chimică reţine oxigenul, de exemplu, cu ajutorul aşchiilor de oţel. În aceste filtre, oxigenul conţinut în apă oxidează fierul, care sub formă de aşchii prezintă o suprafaţă mare de reacţie. Eficacitatea acestor filtre depinde de durata de contact dintre apă şi aşchii, de viteza apei, de caracterul mai mult sau mai puţin compact al încărcăturii de aşchii din filtru şi, în special, de temperatura apei. Utilizarea acestui procedeu este recomandată în cazul apelor mai puţin dure, deoarece altfel depunerile de săruri pe aşchii fac ca reacţia să fie mult încetinită sau chiar oprită.

DEGAZOR. Instalaţie termotehnică sau termochimică cu ajutorul căreia se elimină dintr-un lichid unul sau mai multe gaze dizolvate, fie în scopul de a purifica lichidul, fie pentru a capta gazele şi a le utiliza în unele instalaţii. Cele mai folosite sînt **d.** termice, iar fluidul cel mai frecvent degazat este apa de alimentare, folosită în toate instalaţiile industriale (centrale termo- şi nucleare electrice, industria chimică şi alimentară, reţele termice etc.).

Principiul de funcţionare al unui **d.** termic îl constituie încălzirea lichidului care conţine

Scanned with OKEN Scanner

gáze dizolvate pînă la temperatura de saturaţie, cînd se produce desorbţia gazelor din masa lichidului şi îndepărtarea acestora pentru a împiedica o nouă absorbţie. Mediul cel mai potrivit pentru încălzirea lichidului îl reprezintă chiar vaporii lichidului respectiv. Gazele părăsesc lichidul în care sînt dizolvate în momentul cînd presiunea lor parţială din soluţie, la temperatura acestuia, este mai mare decît presiunea parţială a gazului respectiv, aflat în amestecul de deasupra oglinzii lichidului.

Pentru intensificarea procesului de degazare se recomandă luarea următoarelor măsuri: suprafaţa de contact între lichid şi vaporii de încălzire să fie cît mai mare; să existe o diferenţă de presiune în toate punctele de contact dintre lichid şi vapori; lichidul şi vaporii să curgă în contracurent prin **d.**, asigurîndu-se astfel o diferenţă maximă între presiunile gazului; să se asigure evacuarea imediată a gazelor prin **d.**, pentru a evita creşterea presiunii lor parţiale deasupra lichidului (această evacuare se asigură printr-un surplus suficient de presiune a amestecului de lichid şi vapori în capul de evacuare al **d.** şi printr-o secţiune suficientă a racordului de evacuare; dacă **d.** lucrează sub vid, evacuarea gazelor se face cu ajutorul unui ejector sau al unei pompe de vid); să se realizeze o mişcare turbionară a lichidului degazor, deoarece acesta sporeşte viteza de difuzie a gazelor din masa lichidului spre suprafaţa acestuia.

După modul de repartizare şi de curgere a apei în **d.** termice, se deosebesc: **d.** cu jet de apă cu şuviţe; **d.** cu peliculă; **d.** cu umplutură de lemn, ceramică sau metalică; **d.** combinate din tipurile menţionate.

În funcţie de presiunea interioară , **d.** se pot clasifica în: **d.** atmosferice, **d.** cu vid, **d.** cu presiune înaltă.

Cele mai răspîndite sînt **d.** cu amestec cu jet de apă stropită, curgînd în şuviţe şi cele cu peliculă. La orice construcţie de **d.**, în interiorul acestuia se dispun plăci şi site astfel, încît să se realizeze o suprafaţă cît mai mare de contact între apă şi aburul de încălzire. **D. cu jet de apă stropită,** curgînd în şuviţe, este reprezentat în fig. D.16. Apa intră în cutia de distribuţie *1*, situată în partea superioară a **d.** De aici, se scurge prin site, cu găuri relativ fine cu diametrul de 4—6 mm, într-un număr mare de şuviţe, mărindu-se astfel suprafaţa de contact cu aburul care intră prin racordul *5* în distribuitorul *6*. Sitele au şi rolul de a reduce viteza de cădere a apei şi de a împiedica ruperea şuviţelor în picături. Prin aceasta, creşte şi durata de contact a apei cu aburul şi intensitatea procesului de desorbţie a gazelor. Aburul circulă în contracurent cu apa, antrenînd şi gazele care se elimină. În partea superioară a coloanei se află racordul *3* prin care se evacuează gazele, împreună cu aburul rămas necondensat.

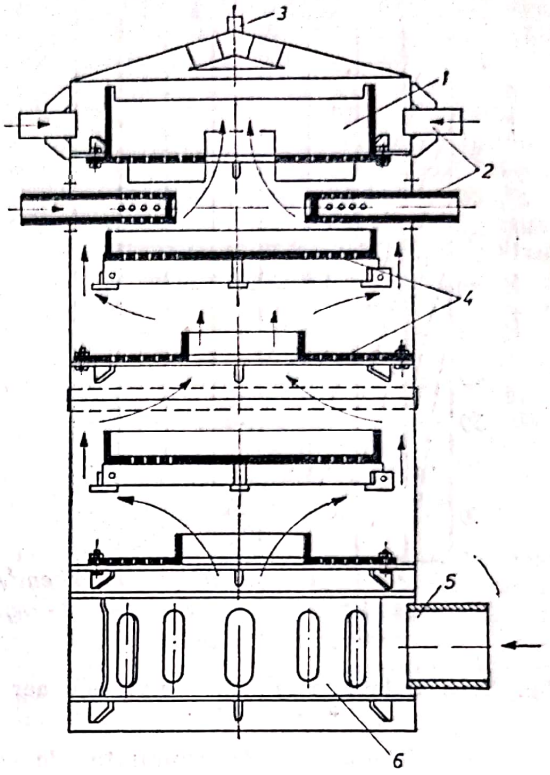


Fig. D.16. Degazor cu jet de apă:
1 — cutie de distribuţie; *2* — racord pentru intrarea apei; *3* — racord pentru evacuarea gazelor; *4* — talere (site); *5* — racord pentru intrarea aburului; *6* — distribuitor de abur.

La **d. cu site,** eficienţa degazării este dependentă de numărul de şicane de împroşcare a apei şi de schimbarea de direcţie. Numărul acestora influenţează înălţimea **d.** şi, deci, şi costul acestuia. Pentru realizarea pulverizării, în interiorul **d.** sînt prevăzute dispozitive de stropire; cel mai frecvent se utilizează site de distribuţie din tablă perforată sau profile din oţel, dispuse sub formă de grătar, sau site de sîrmă. Schimbarea direcţiei de curgere a apei se obţine prin table deflectoare şi de împroşcare, dispuse într-un mod adecvat.

La **d. cu peliculă** (fig. D.17), apa intră prin ajutajul superior în corpul *1* al **d.**, iar aburul prin partea superioară. Apa se loveşte de rozeta *4*, pulverizîndu-se. Picăturile fine de apă se adună sub formă de peliculă pe tablele de oţel *5*, scurgîndu-se spre rezervorul de acumulare *10*. Aburul necondensat iese din **d.** împreună cu gazele evacuate, pe la partea superioară. **D.** cu peliculă au dimensiuni mai mici decît cele cu sită şi se fabrică mai uşor. Aceste aparate, practic, nu sînt sensibile la depunerile de nămol sau piatră, iar tablele din interior, cu o grosime de 1—2 mm, sînt uşor de înlocuit.

D. combinat cu jet de apă, cu site şi umplutură (fig. D.18) se compune dintr-o coloană cilindrică care cuprinde trei trepte de dega-

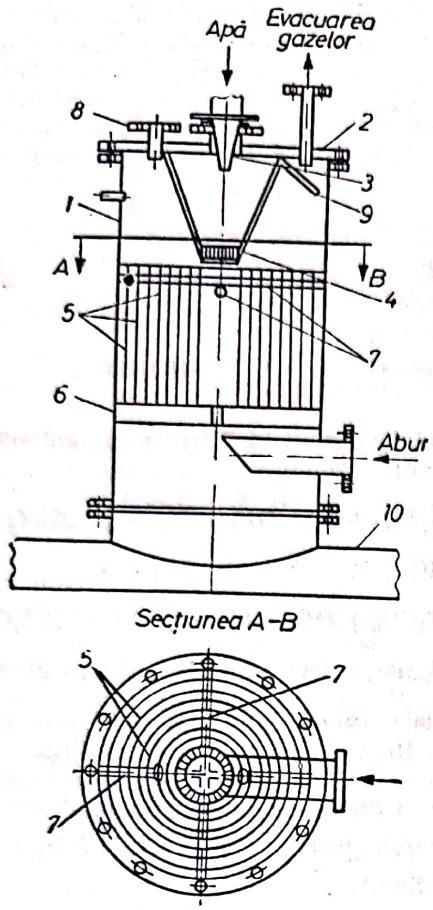


Fig. D.17. Degazor cu peliculă:
1 — corpul degazorului; *2* — capac; *3* — ajutaj; *4* — rozetă de distribuție; *5* — table din oțel; *6* — dispozitiv de susținere; *7* — buloane; *8* — racord pentru supapă de siguranță; *9* — tablă deflectoare; *10* — rezervor pentru acumularea apei degazate.

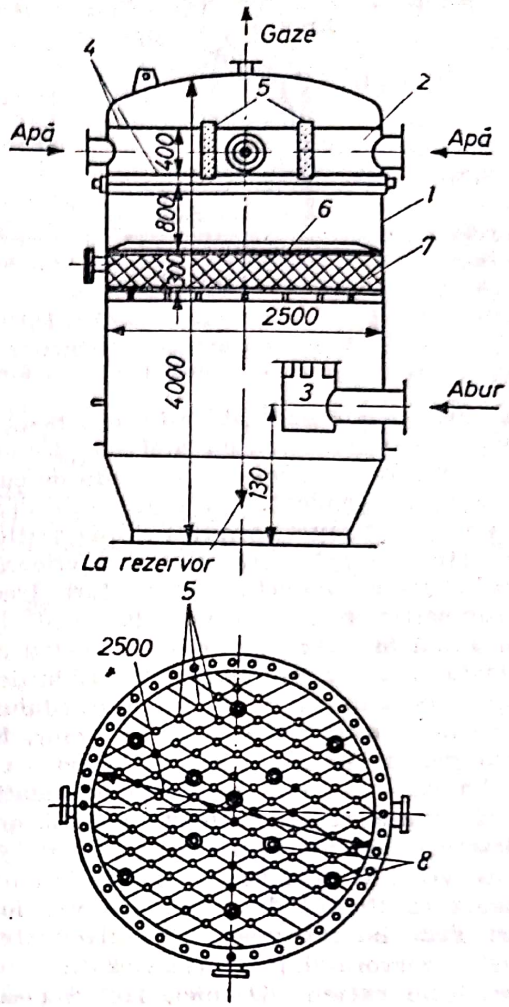


Fig. D.18. Degazor combinat (cu jet de apă, cu site și umplutură):
1 — corpul degazorului; *2* — cameră de apă; *3* — distribuitor de abur; *4* — plăci tubulare; *5* — țevi perforate; *6* — plasă; *7* — umplutură de oțel; *8* — țevi demontabile pentru revizie.

zare. Partea cu peliculă de lichid *4* este prevăzută și cu țevile perforate *5*. Umplutura *7* este realizată din table de oțel profilate, iar deasupra acesteia este dispusă sita *6*. Degazarea se produce în două trepte. În partea superioară, are loc degazarea brută la o temperatură mai scăzută, cînd aerul este desorbit în globule mari, iar în partea inferioară, în regiunea cu umplutură, se produce desorbția fină în globule foarte mici, la o temperatură mai ridicată.

La **d. cu cameră de pulverizare,** împroșcarea apei este realizată prin mai multe țevi verticale în interiorul cărora apa pătrunde prin orificii cu dimensiuni reduse. Și la acest tip de d., apa pulverizată preia, prin circulație în contracurent, căldura cedată de curentul de abur ascendent, producîndu-se degazarea apei. Gazele sînt conduse prin camera de pulverizare spre instalația de pulverizare. Apa cade într-o pîlnie, iar apoi într-un cilindru în care este amplasat dispozitivul de fierbere suplimentară. Aburul pătrunde în acesta sub nivelul apei, provocînd o nouă fierbere și o postdegazare. În continuare, apa curge în exteriorul cilindrului spre racordul de evacuare. Din acest spațiu, gazele reziduale, în special bioxidul de carbon (care datorită greutății sale specifice mai mari se acumulează deasupra nivelului liber al apei), sînt extrase prin dispozitivul inferior de evacuare.

La **d. Stork** (fig. D.19), dispozitivele de pulverizare și degazare a apei sînt amplasate integral în rezervorul de apă de alimentare, renunțîndu-se astfel la coloana de degazare. Aburul este introdus prin conducta de barbotare, plasată sub nivelul apei, producînd fierberea apei din rezervor. Orificiile prevăzute la partea inferioară a conductei de barbotare trebuie să aibă dimensiuni corespunzător alese, pentru a evita ca la încălzirea volumului de apă rece să apară lovituri de berbec, care, pe lîngă zgomotul caracteristic, pot produce trepidații puternice ale rezervorului, respectiv vibrații ale conductelor racordate la acesta.

Scanned with OKEN Scanner

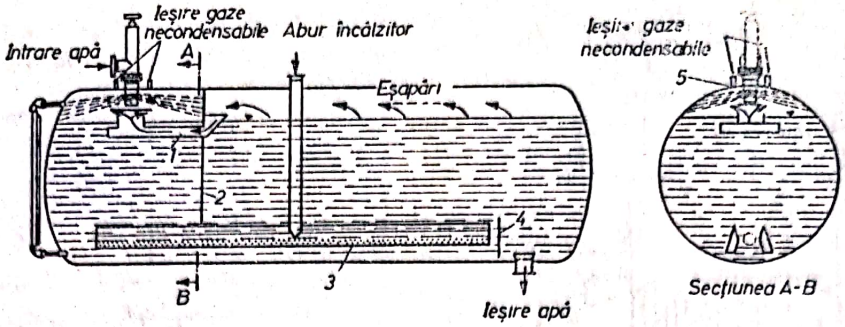


Fig. D.19. Degazor tip Stork:
1 — compartiment pentru abur; *2* — şicană verticală; *3* — conductă de barbotare; *4* — deversor; *5* — pulverizator.

Apa care trebuie degazată este dispersată fin, ieşind cu o viteză ridicată dintr-un dispozitiv de pulverizare, iar apoi este încălzită de curentul de abur ascendent. Rezervorul este divizat într-un anumit raport printr-o şicană verticală. Apa este condusă spre partea inferioară şi curge pe lîngă conducta de barbotare, trecînd în compartimentul alăturat, în acest timp fiind adusă la starea de fierbere. Pentru a nu influenţa negativ condiţiile de aspiraţie la pompele de alimentare, în faţa racordului de ieşire a apei este prevăzut un deversor. Evacuarea gazelor se face deasupra dispozitivului de pulverizare care este, de regulă, automatizat. Măsurătorile efectuate la acest tip de **d.** arată, că desorbţia gazelor în pînza de apă din jurul dispozitivului de pulverizare este foarte eficace, cu toate că timpul de staţionare este foarte redus. Prin împroşcarea apei pulverizate pe peretele rezervorului, picăturile sînt descompuse în particule extrem de mici, făcînd posibilă o nouă degazare intensivă.

DEMINERALIZAREA APEI. Procedeu prin care se elimină sărurile disociate în apă astfel, încît la ieşirea dintr-o asemenea instalaţie, apa poate fi aproape pură.

În funcţie de puritatea apei la ieşirea din instalaţia de demineralizare, se clasifică eficienţa procesului: parţial sau total. Procedeele folosite în mod obişnuit pentru **d.a.** sînt fizico-chimice (cu mase ionice) şi termice.

În cazul procedeului **fizico-chimic cu mase ionice, d. a.** se obţine în urma folosirii unei trepte de filtru cationic, urmată de o treaptă de filtru anionic (cu mase care fixează grupul OH) (fig. D.20). După trecerea prin schimbătorul H-cationic, cationii sînt reţinuţi şi în apă rămîn acizii sărurilor conţinute iniţial. Radicalii lor sînt reţinuţi în filtrul anionic după reacţii de forma:

$$H_2SO_4 + 2R-OH \rightarrow R-SO_4 + 2H_2O$$

$$HCl + R-OH \rightarrow R-Cl + H_2O$$

$$H_2CO_3 + 2R-OH \rightarrow R_2-CO_3 + 2H_2O$$

$$H_2SiO_3 + 2R-OH \rightarrow R_2-SiO_3 + 2H_2O.$$

Masele anionice pot fi slab sau puternic bazice. Primele reţin numai radicalii acizilor puternici, iar ultimele, pe cei ai acizilor slabi. Absorbţia anionilor se face în mod selectiv în următoarea ordine: SO_4^{2-}; Cl^-; NO_3^-; PO_4^{3-}; CO_3^{-2}; SiO_3H^-.

Înainte de filtrul anionic se face, de obicei, o eliminare de CO_2 prin degazare. În cazul cînd apa are un conţinut mare de săruri, inclusiv silice, treapta anionică este fracţionată într-un filtru slab bazic, pentru reţinerea acizilor puternici şi într-unul puternic bazic, pentru CO_2 şi silice (fig. D.21). Pentru demineralizarea avansată este necesară o schemă cu două trepte de lucru succesive: prima, slab acidă şi bazică, iar cea de a doua, puternic acidă şi bazică (fig. D.22). Din motive de siguranţă, în cazul demine-

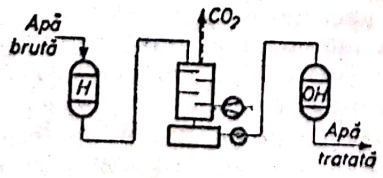


Fig. D.20. Schema instalaţiei de demineralizare fizico-chimică a apei prin mase ionice.

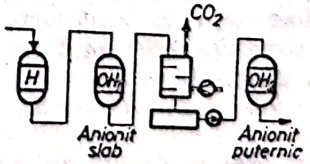


Fig. D.21. Schema instalaţiei de demineralizare pentru apă cu conţinut ridicat de săruri.

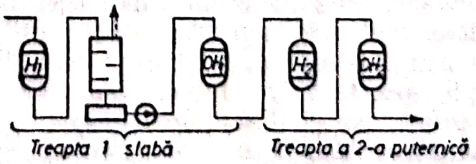


Fig. D.22. Schema instalaţiei de demineralizare avansată.

ralizării totale, la sfîrşitul schemei se aşează o treaptă tampon care preia tratarea urmelor de săruri scăpate de la celelalte trepte (fig. D.23). Ca treaptă tampon se poate instala un filtru cu pat mixt, care conţine mase cationice şi mase anionice amestecate.

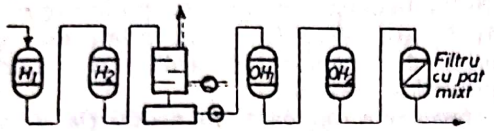


Fig. D.23. Schema instalaţiei de demineralizare totală.

D. termică se realizează printr-o vaporizare, urmată de o condensare. Condensatul obţinut are un conţinut mai mic de săruri, deci demineralizarea este parţială. În fig. D.24 este prezentată o schemă de tratare termică a apei de adaos a unei centrale termoelectrice. Sărurile concentrate se elimină prin purjarea vaporizatorului. Aburul primar, care constituie sursa de căldură, este preluat din prizele nereglabile sau reglabile ale turbinei sau de la contrapresiunea acesteia. În cazul unei **d.** mai accentuate, numărul de trepte de vaporizare poate creşte (fig. D.25).

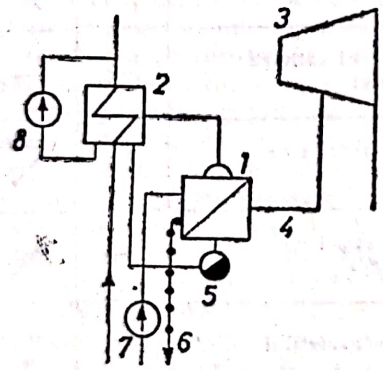


Fig. D.24. Schema unei instalaţii de demineralizare termică a apei de adaos pentru o centrală termoelectrică.

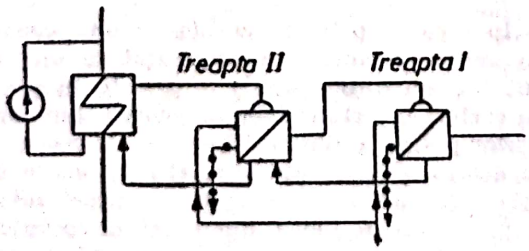


Fig. D.25. Schema unei instalaţii de demineralizare termică avansată cu două trepte de vaporizare.

DENSITATE (ρ). Masa unităţii de volum a unui corp omogen. Dacă corpul nu este omogen, **d.** variază de la un loc la altul şi, în acest caz, **d.** într-un punct $A(x, y, z)$ se defineşte ca limita raportului

$$\rho(x, y, z)=\lim_{\Delta v\to 0}\frac{\Delta m}{\Delta v} \quad [kg/m^3],$$

în care Δv este un element de volum din jurul punctului A, iar Δm este masa acestui element de volum.

Raportul dintre masa şi volumul corpului reprezintă **d.** *medie* a corpului. Dacă corpul este omogen, **d.** în orice loc este egală cu **d.** medie.

Dacă corpul este poros, se poate defini **d.** *aparentă* egală cu raportul dintre masa şi volumul corpului (inclusiv al porilor). Dacă se exclud porii şi se consideră numai volumul materialului din care este alcătuit corpul, atunci raportul arătat reprezintă **d.** *reală* a acestuia.

D. este dependentă de temperatură, deoarece volumul corpurilor variază cu temperatura. Se poate scrie că **d.** la temperatura t este dată de relaţia:

$$\rho_t=\frac{\rho_0}{1+\beta_t} \quad [kg/m^3],$$

unde ρ_0 este densitatea la temperatura de referinţă (de obicei 0°C), iar β — coeficientul de dilatare volumetrică a corpului.

Substanţele solide şi lichide sînt puţin compresibile şi de aceea **d.** variază foarte puţin cu presiunea. În cazul gazelor, **d.** depinde mult de presiune şi, din acest motiv, în tabele trebuie indicată presiunea la care se dau proprietăţile gazului respectiv.

D. corpurilor se determină prin diferite metode ce depind de starea de agregare a corpului respectiv.

D. corpurilor solide se determină prin: metoda picnometrului; metoda cîntăririi duble în aer şi într-un lichid cu **d.** cunoscută; metoda raportării directe între masa şi volumul corpului, care se determină prin cufundarea într-un lichid aflat într-un cilindru gradat; metoda arcometrului.

D. lichidelor se determină prin: metoda picnometrului; metoda determinării forţei ascensionale (cu care este împins de jos în sus un plutitor de volum cunoscut cufundat în lichid) cu o balanţă Mohr-Westphal sau cu o balanţă hidrostatică; metoda arcometrului.

D. unui gaz se determină prin: metoda măsurării masei de gaz conţinută într-un balon de volum cunoscut; metoda Victor-Meyer prin care se vaporizează o cantitate din lichid într-un recipient de volum cunoscut şi se determină cantitatea de aer dezlocuit de vaporii produşi.

Se denumeşte **d.** *critică*, **d.** unei substanţe aflată la parametrii (presiune şi temperatură) critici.

Prin **d.** *relativă* se înţelege raportul dintre **d.** unei substanţe omogene şi **d.** altei substanţe

considerată de referinţă. În cazul solidelor şi al lichidelor se alege ca substanţă de referinţă apa distilată în vid, la temperatura de 4°C şi la presiune normală. Pentru gaze sau vapori se ia ca referinţă aerul uscat la temperatura de 0°C şi presiunea normală.

Se denumeşte **d.** *de energie* mărimea scalară egală cu limita raportului dintre energia E asociată unei porţiuni elementare Δ a unui sistem fizic şi această porţiune Δ, cînd $\Delta \to 0$:

$$e(r, \tau) = \lim_{\Delta \to 0} \frac{E}{\Delta},$$

unde: r este vectorul de poziţie al punctului în care se defineşte E; τ — timpul; Δ — porţiunea elementară care poate fi volum, suprafaţă sau lungime elementară.

DEPOLUARE. Procedee folosite pentru prevenirea formării emisiilor poluante, provenite din instalaţiile industriale sau de la autovehicule, pentru reţinerea sau neutralizarea acestora.

În general, prin arderea combustibililor rezultă o serie de emisii poluante, nocive, în marea lor majoritate, cum sînt: oxidul de carbon (CO), hidrocarburile ($H_{2m}C_m$), oxizii de azot (NO), oxizii sulfului (SO_2, SO_3), bioxidul de carbon (CO_2), particulele de plumb. Aceste substanţe, numite primare, sînt emise direct din surse identificabile, existînd şi substanţe secundare care se formează în aer fie prin interacţiunea mai multor substanţe primare, fie prin reacţia cu aerul a unor substanţe, sub acţiunea factorilor atmosferici. Principalele surse de poluare a atmosferei provin din industrie şi din transport (rutier, aerian). Poluarea produsă de unităţile industriale se datorează evacuării în atmosferă a emisiilor nocive în urma proceselor industriale în mod deliberat, dacă eşapările nu sînt prevăzute cu dispozitive speciale pentru neutralizarea şi filtrarea acestor emisii, sau în mod accidental, din cauza unor defecţiuni în procesul tehnologic respectiv.

Dintre substanţele nocive din atmosferă fac parte şi smogul fotochimic şi smogul umed, care sînt compuşi secundari. Smogul fotochimic se formează într-o atmosferă uscată, sub acţiunea razelor solare. Substanţele considerate răspunzătoare pentru producerea smogului fotochimic sînt hidrocarburile şi oxizii de azot. Chimia smogului fotochimic este extrem de complexă; mecanismul de formare a acestuia se simulează în instalaţii speciale, numite camere de smog. Într-o asemenea cameră, se introduc lămpi care reproduc spectrul şi intensitatea luminii solare. Camera de smog este umplută iniţial cu aer, oxid de azot şi hidrocarburi, apoi se declanşează lumina şi se urmăreşte evoluţia substanţelor iniţiale. Smogul umed se formează în atmosferă cu mare umiditate, la temperaturi relativ mici, sub 4°C. Substanţele care iau parte la formarea smogului sînt particulele solide de funingine, oxizii sulfului şi oxidul de carbon. Smogul umed are o acţiune sufocantă.

O sursă importantă de poluare o constituie autovehiculele, respectiv motoarele cu ardere internă care echipează autovehiculele.

Principalele surse nocive la un motor cu aprindere prin scînteie sînt: gazele de evacuare (~70%); benzina care prin evaporare se răspîndeşte în atmosferă (~10%); gazele din carter formate din produse de ardere şi vapori de combustibil (~20%).

Procedeele aplicate în producţia de serie, pentru limitarea emisiilor nocive din gazele de evacuare la un motor cu ardere internă, sînt arătate în tabelul D.1. Direcţia săgeţilor din tabel reprezintă efectul pozitiv.

Tabelul D.1

Metode de reducere a poluării aerului de către motoarele cu ardere internă

Metoda	Natura emisiei nocive		
	CO	HC	NO
— Sărăcirea amestecului: — cu 10%	↓	↘	↗
— peste 10%	→	↗	↘
Îmbunătăţirea calităţii amestecului	→	→	↗
Încălzirea aerului de admisie	→	↘	↗
Mărirea turaţiei de mers în gol	→	↘	↗
Reducerea avansului	→	↓	↓
Mărirea duratei de deschidere simultană a supapelor	→	→	↓

În ceea ce priveşte emisia de hidrocarburi din motor, măsurătorile au arătat că un procent însemnat (30—40%) se găseşte în gazele din carter. O metodă folosită pentru eliminarea gazelor poluante din carter constă în recircularea acestora în cilindri (fig. D.26). Gazele din carter trec printr-o conductă în colectorul de admisie, sub acţiunea diferenţei de presiune, sistemul fiind prevăzut şi cu o supapă de ventilaţie.

Perfecţionarea carburatorului pentru combaterea emisiilor poluante urmăreşte controlul formării amestecului şi dozajului în cîteva regimuri caracteristice: regimul de mers în gol, regimul de încălzire, regimul sarcinilor mici,

Scanned with OKEN Scanner

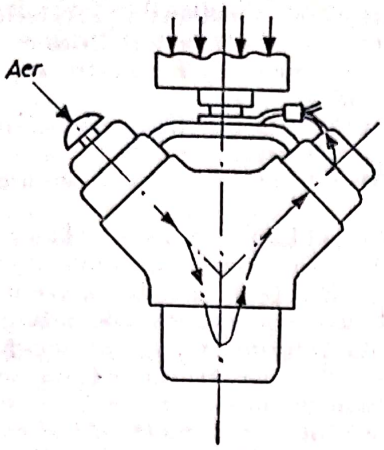


Fig. D.26. Recircularea gazelor poluante din carter în cilindrii motorului.

regimul de decelerare. Regimul de mers în gol este fixat de uzina constructoare pentru un amestec bogat şi, astfel, în acest regim se produc cantităţi mari de CO şi HC. Pentru diminuarea acestor cantităţi se pot folosi două metode. Prima constă în mărirea turaţiei de mers în gol, care asigură un regim termic mai ridicat al motorului şi o viteză mai mare de curgere a gazelor, ceea ce permite reducerea gradului de îmbogăţire a amestecului. A doua metodă constă în reducerea avansului la declanşarea scînteii, pînă la anularea lui, ceea ce determină o creştere a temperaturii gazelor de evacuare, fapt ce intensifică postarderea hidrocarburilor.

Reducerea gradului de îmbogăţire a amestecului la acelaşi nivel al performanţelor energetice se poate realiza şi prin încălzirea diferenţiată a amestecului în raport cu sarcina, încălzire mai intensă la sarcini mici şi la ralanti şi mai redusă la sarcini mari.

Pentru reducerea conţinutului de hidrocarburi în regimul de decelerație, se poate acţiona pe două căi: întreruperea alimentării cu combustibil şi reducerea depresiunii din colectorul de admisie.

Reducerea emisiei de NO se realizează prin *metoda injecţiei de apă în conducta de admisie*. Această soluţie prezintă însă complicaţii constructive, precum şi o serie de probleme legate de îngheţarea apei, oxidarea colectoarelor etc. O altă metodă de reducere a concentraţiei de NO constă în *recircularea unei părţi din gazele de ardere* în cilindru, din conducta de evacuare. Reducerea conţinutului de NO se poate obţine şi prin *metoda tratării gazelor evacuate*, principiul ei constînd în dezvoltarea reacţiei de oxidare în conducta de evacuare, pentru arderea oxidului de carbon (CO). În acest sens, se folosesc reactori, care pot fi catalitici şi termici.

Pentru reducerea particulelor de plumb se folosesc *filtre* care se montează în conducta de evacuare.

În domeniul motoarelor cu aprindere prin comprimare, normele antipoluante existente au stimulat pînă în prezent, în special, două categorii de mijloace de control al emisiilor poluante, unele vizînd fumul şi mirosul neplăcut al gazelor, altele vizînd oxizii de azot. Limitarea formării oxidului de azot poate fi realizată prin injecţia de apă în cilindru sau în curentul de încărcătură proaspătă pe traseul admisiei. Aplicarea metodei presupune, însă, cîteva probleme de ordin practic: rezervor suplimentar de apă, coroziune etc. Frînarea reacţiilor de formare a NO poate fi realizată prin procedeul de recirculare a gazelor de evacuare.

Procedeele generale de limitare a emisiilor de fum negru realizează, în esenţă, controlul formării amestecului combustibil-aer prin corelarea optimă a caracteristicilor injecţiei cu forma camerei de ardere şi cu mişcările gazelor. Menţinerea în exploatare a nivelului fumului în limite normale este condiţionată şi de întreţinerea şi starea tehnică a motorului. Procedeul general de control al emisiilor de NO constă în *reducerea avansului la injecţie*. Formarea NO este dependentă sensibil de reducerea avansului la injecţie, în special la motoarele cu injecţie directă. O posibilitate de reducere a intensităţii fumului negru constă în coborîrea nivelului puterii maxime pe caracteristica de turaţie, *prin micşorarea dozei maxime de combustibil pe ciclu*. În acest fel, se măreşte excesul de aer cu care are loc arderea astfel, încît este influenţată şi intensitatea fumului negru. Un procedeu de reducere a intensităţii fumului negru este *fumigarea*. Acest procedeu constă în introducerea unei fracţiuni din combustibil, fin pulverizată sau sub formă de vapori, în sistemul de admisie. Metoda fumigării se poate aplica în două variante de pulverizare a combustibilului introdus în galeria de admisie: pulverizare pneumatică şi pulverizare mecanică la o presiune de cca 80 daN/cm². Rezultate bune s-au obţinut cu o fracţiune de combustibil fumigat de 11 % (fig. D.27).

Pentru combaterea mirosului gazelor de evacuare la motoarele cu aprindere prin comprimare au fost realizaţi *reactori catalitici*.

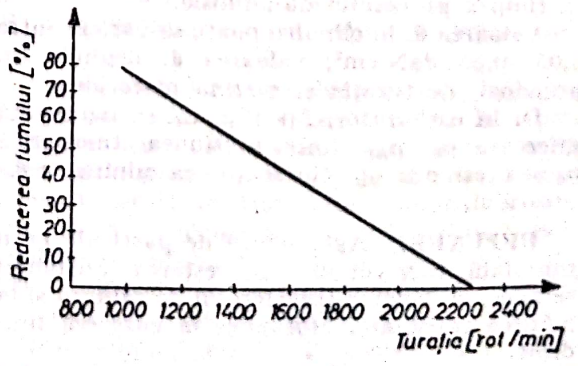


Fig. D.27. Reducerea intensităţii fumului negru prin fumigare.

Scanned with OKEN Scanner

De asemenea, pentru combaterea fumului și a mirosului pot fi folosiți *aditivii speciali*, care sînt de două feluri: aditivi detergenți și antioxidanți care împiedică formarea gumelor și lacurilor urît mirositoare și compuși metalici care au o acțiune de suprimare a fumului negru. Acțiunea acestor aditivi se datorește micșorării concentrației masice a particulelor de funingine în gazele de eșapare.

Substanțele poluante nocive sînt dăunătoare sănătății numai atunci cînd depășesc un nivel maxim admisibil al concentrației, care se numește prag nociv de poluare. S-a adoptat o scară specială de măsurare a pragurilor nocive. Acestea se definesc prin numărul de centimetri cubi de substanță nocivă, raportat la un metru cub de aer (sau 1 000 000 cm^3 aer). Deoarece 1 cm^3 reprezintă a milioana parte din 1 m^3, s-a convenit ca unitatea de măsură să reprezinte o parte pe un milion (ppm) 1 ppm=1 cm^3/ 1 m^3.

Concentrația de CO sub 70—80 ppm nu este dăunătoare pentru durate scurte, dar o concentrație de 30 ppm timp de 8 are reprezintă un mare pericol pentru sănătate. Pragul nociv al hidrocarburilor este mult mai coborît. Astfel, 5 ppm aldehidă timp de 8 ore produce o iritație puternică a ochilor. Pragul nociv al oxidului de azot este de cca. 5 ppm timp de 8 ore.

DEPRESIUNE. Diferență dintre presiunea atmosferică, considerată presiune de referință și o presiune mai mică decît aceasta.

În domensiul mașinilor termice noțiunea de **d.** este întîlnită, în special, la motoarele cu ardere internă, la care procesul de umplere a cilindrului decurge natural (admisie naturală) și la cele la care formarea amestecului se realizează prin carburație.

D. în cilindrul motorului cu ardere internă cu admisie naturală reprezintă diferența dintre presiunea atmosferică și presiunea existentă în cilindru în timpul cursei de admisie a a pistonului. Aceasta este produsă ca urmare a rezistențelor gazodinamice mari la curgerea aerului (amestecului aer-combustibil) din secțiunea oferită de supapa de admisie și a duratei în timp a procesului de admisie.

Valoarea **d.** în cilindru poate să varieze între 0,05—0,55 daN/cm^2; valoarea **d.** depinde, în principal, de turația și sarcina motorului.

D. în carburator, Δp (fig. C.33), reprezintă diferența $p_0 - p_{min}$ dintre presiunea atmosferică p_0 și presiunea p_{min} din secțiunea minimă a difuzorului.

DEPUNERE. Aglomerare de particule pe o suprafață, care conduce la creșterea rezistenței termice, la frînarea transferului de căldură și la mărirea rezistenței hidraulice la curgerea fluidelor.

D. reprezintă un fenomen complex, afectat de numeroase procese fizico-chimice și de factori constructivi și funcționali. Procesele de **d.** sînt determinate de: factori fizico-chimici, sedimentarea particulelor, reacții chimice sau polimerizare.

Datorită factorilor fizico-chimici se produc **d.** prin următoarele procese:

— **Cristalizare,** deosebindu-se următoarele tipuri:

Cristalizarea sărurilor cu solubilitate inversă, mecanismul fiind arătat în fig. D.28. Aceste săruri prezintă o descreștere a concentrației de saturație peste o anumită temperatură, în consecință formînd depozite cristaline în contact cu suprafețele calde. Este un proces frecvent, în special, la apă care conține mai multe săruri cu solubilitate inversă ($CaCO_3$, $CaSO_4$).

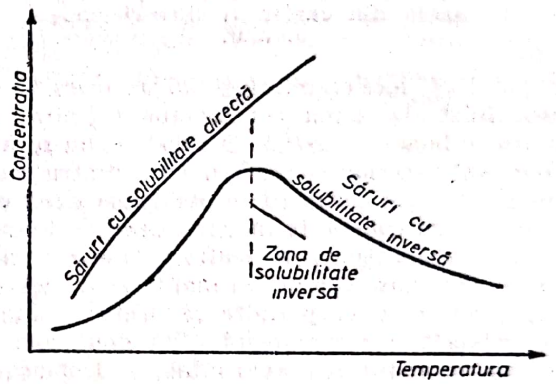


Fig. D.28. Variația concentrației cu temperatura în soluțiile de săruri cu solubilitate directă și inversă.

Cristalizarea în soluții, conținînd o singură sare; procesul este foarte activ observîndu-se o aderență ridicată a materialului față de perete.

Cristalizarea mixtă, care apare în sistemele cu concentrații ridicate de săruri diferite, ca de exemplu, în turnurile de răcire, conducînd la depozite cu forme neregulate.

— **Sedimentare,** proces de **d.** a particulelor în suspensie, întîlnit în următoarele instalații industriale: turnuri de răcire cu **d.** de particule de praf și rugină (care pot avea acțiune de catalizatori); răcitoare cu apă de rîu (care conține nămol și particule de nisip), procesul de **d.** fiind complex (sedimentare pe un strat cristalizat); răcitoare cu gaze de ardere la care **d.** este produsă, în principal, de particulele remanente ale procesului de ardere.

— **Reacții chimice și polimerizare** care apar, mai ales, în industria petrolului și chimiei, fiind influențate de următoarele mărimi: temperatura suprafeței, prezența promotorilor de oxidare, viteza de curgere. Se întîlnesc următoarele cazuri specifice: cocsificarea, murdărirea și coroziunea.

Cocsificarea. La temperaturi suficient de ridicate se pot forma, prin reacții

chimice și prin sedimentare, cruste rezistente de cocs, uneori detașabile prin exfoliere.

M u r d ă r i r e a (creșterea de materiale organice) apare ca proces obișnuit în aparatele răcite cu apă netratată (de riu, lac, sau mare), adesea combinată cu alte tipuri de **d.** (cristalizare, sedimentare).

C o r o z i u n e a se produce prin două mecanisme diferite: formarea unui strat de oxid rezistiv termic, catalizator în influențarea altor forme de depunere; rugozitatea suprafeței de schimb de căldură produsă prin coroziune, care acționează ca puncte de inițiere a proceselor de cristalizare și sedimentare.

— Procese de încălzire sau răcire, cu sau fără schimbare de fază, care se produc prin: cristalizarea sărurilor cu solubilitate directă, sedimentarea de particule, **d.** de produse ale reacțiilor chimice și de săruri cu solubilitate inversă. Procesele caracteristice în urma cărora apar **d.** sînt fierberea și condensarea.

Efectuarea **d.** prin fierberea apei în cazanele de abur a fost prima formă de **d.** luată în considerare. Influența depunerilor asupra proceselor de fierbere cu convecție naturală sau forțată a fost cercetată numai calitativ, stabilindu-se tendința de reducere a grosimii **d.** cu creșterea vitezei de curgere a apei. Un efect deosebit îl are temperatura suprafeței calde, care poate declanșa sau opri **d.** prin reacții chimice, fenomen recunoscut, dar necercetat.

Asupra **d.** prin condensare influențează condițiile de funcționare a condensatorului, dintre care cele mai importante sînt: viteza de curgere a fluidelor (afectează sensibil marea majoritate a proceselor de **d.** și de detașare a particulelor de pe suprafață), temperatura suprafeței de schimb de căldură (influențează mai ales cristalizarea și reacțiile chimice), temperatura medie a fluidului (modifică viteza de reacție și de cristalizare și natura materialului suprafeței de schimb de căldură). Calitativ, s-a observat că rugozitatea suprafeței de schimb de căldură acționează ca un element de accelerare a **d.** Astfel, o suprafață de schimb de căldură rugoasă conduce la o **d.** mult mai rapidă, datorită acțiunii asperităților de pe suprafața de încălzire.

În cazul unui aparat de schimb de căldură fără schimbare de fază, geometria lui și sistemul de curgere a fluidelor pot influența în mare măsură procesul de **d.** Se deosebesc următoarele tipuri principale de curgere: prin țevi și spații inelare, printre țevi (cu sau fără șicane), prin aparate cu plăci spirale sau lamelare. Curgerea peste fasciculele de țevi cu șicane se caracterizează printr-o distribuție neuniformă a vitezei, produsă de curgerile axiale, de tăieturile și de pașii mari ai șicanelor, care stabilesc la aparatele cu o geometrie necorespunzătoare zone de fluid stagnant sau cu viteză redusă, unde **d.** sînt foarte pronunțate. La aparatele cu plăci plane sau spirale, datorită turbulenței ridicate și uniforme a curgerii, procesul de formare a depozitelor se poate reduce complet. La schimbătoarele de căldură cu suprafețe extinse, în special la cele cu nervuri exterioare de mică înălțime, s-a constatat, în comparație cu țevile netede, un proces de **d.** mai puțin pronunțat. În acest sens, **d.** fiind influențată de condițiile hidrodinamice ale curgerii, nervurile cu o geometrie adecvată pot constitui promotori de turbulență, care reduc viteza de **d.** și măresc gradul de îndepărtare a **d.** de pe suprafața de încălzire.

D. în aparatele schimbătoare de căldură de suprafață exercită o influență considerabilă asupra performanțelor termice ale acestor echipamente, asupra energiei de pompare, asupra perioadei de funcționare și de revizie. Lipsa de informații asupra mecanismului, normelor de calcul și problemelor economice implicate face ca fenomenul să constituie una din problemele nerezolvate încă în schimbul de căldură.

În *calculul termic al schimbătoarelor de căldură* se consideră efectele **d.** prin prevederea la proiectare a unui surplus de suprafață de schimb de căldură, care să compenseze înrăutățirea transferului căldurii provocat de rezistențele termice suplimentare ale **d.**

Cea mai utilizată metodă de considerare în calcule a efectelor **d.** constă în definirea pentru fiecare fluid a rezistenței termice a depunerilor R, prin norme sau recomandări de calcul, bazate pe experiența de proiectare și exploatare a echipamentelor de schimb de căldură din diverse industrii. Calculul se efectuează prin considerarea rezistenței termice de contact:

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{k_0} + R \quad [\mathrm{m^2K/W}],$$

unde: k este coeficientul global de schimb de căldură pentru aparatul cu depuneri [$\mathrm{W/m^2 \cdot K}$]; k_0 — coeficientul global de schimb de căldură pentru aparatul curat (fără depuneri) [$\mathrm{W/m^2 \cdot K}$]; R — rezistența termică totală a depunerilor [$\mathrm{m^2 \cdot K/W}$].

În tabelul D.2 se prezintă valorile rezistenței termice a **d.** pentru unele fluide. În multe cazuri R are valori importante, ajungînd să reprezinte pînă la 40—70% din rezistența termică totală la transferul căldurii, $R=1/k$ fiind astfel principala rezistență termică care controlează proiectarea și funcționarea aparatului respectiv de schimb de căldură.

O altă metodă de calcul a plusului de suprafață de schimb de căldură corespunzător efectului **d.**, constă în definirea unui *factor de murdărire* β, mai mic decît unitatea, cu care

Tabelul D.2

Rezistența termică a depunerilor R_d ($m^2 \cdot K/W$) în funcție de natura fluidului

Fluidul	Viteza de curgere prin aparat, [m/s]	Intervalul de temperatură Δt	
		$\Delta t < 38°C$	$\Delta t > 38°C$
Apă de mare (pînă la max. 52°C)	1,2 2,1	0,00035 0,00026	0,00053 0,00035
Apă de rîu decantată	0,6 1,2	0,00035 0,00013	0,00045 0,00028
Apă de rîu tratată și decantată	0,6 1,2	0,00026 0,00018	0,00035 0,00026
Condensat (38—148°C)	0,6 1,2	0,00018 0,00009	0,00050 0,00018
Abur saturat fără ulei Abur saturat cu urme de ulei	— —	0,00009 0,00013	0,00013 0,00025
Hidrocarburi ușoare, curate (lichide și vapori),	—	0,00018	0,00018
Hidrocarburi clorurate — lichide — condens — în stare de fierbere	—	0,00018 0,00018 0,00035	0,00035 0,00026 0,00035
Agenți frigorifici (amoniac, propilenă, cu clor și flor)	—	0,00018	0,00018
Lichide bazice cu săruri— 20% (țevi din oțel) cu săruri— 50 . . . 73% (țevi din nichel)	1,9—2,4 1,8—2,7	0,00009 0,00018	0,00009 0,00018
Gaze industriale curate — aer atmosferic — aer comprimat — gaze de ardere — azot — hidrogen — hidrogen saturat cu apă	—	0,00015 0,00015 0,00018 0,00035 0,00009 0,00009 0,00035	0,00015 0,00015 0,00017 0,00035 0,00009 0,00009 0,00035
Vapori polimerizabili cu inhibator	—	0,0005	0,0005
Cracare sau cocsare, la temperatură înaltă, cu formare de polimer	—	0,0085	0,0085
Saramură (max. 52°C)	0,6 1,2	0,00053 0,00035	0,00070 0,00053
Ulei de transformator, de ungere Motorină Combustibil greu, păcură	—	0,00018 0,00035 0,00088	0,00018 0,00035 0,00088

este multiplicat coeficientul global de schimb de căldură k_0 al aparatului curat, adică:

$$k = \beta \cdot k_0 \quad [W/m^2 \cdot K].$$

Factorul de murdărire β are, uzual, valori cuprinse între 0,6 și 1, în funcție de materialul țevilor și natura agenților termici.

DESTINDERE. Transformare suferită de un corp elastic sau suficient de elastic, manifestată prin micșorarea valorii absolute a tensiunilor normale principale (de compresie), corespunzătoare deformațiilor corpurilor.

D. mai poate fi definită ca fiind creșterea volumului unui sistem fizic, cînd presiunea scade sau cînd temperatura lui crește. Se dis-

Scanned with OKEN Scanner

ting: **d. izoterme,** efectuate la temperatură constantă T=const. și cînd între volumul V și presiunea p a gazului este satisfăcută relația pv=const.; **d. adiabatice,** efectuate fără schimb de căldură cu exteriorul și respectînd relația pv^k=const., unde k este exponentul adiabatic; **d. politropice,** cu variația tuturor parametrilor, de tipul pv^n=const., în care n este exponentul politropic cu valori între $-\infty$ și $+\infty$. În cazul mașinilor termice, se poate realiza și o **d. în trepte,** ca de exemplu în turbinele cu abur sau cu gaze. În ajutaje, **d.** este liberă, fără efectuare de lucru mecanic exterior. Un alt proces de **d.** este cel ce are loc la entalpie constantă (dh=0) și poartă denumirea de *laminare.* În acest proces, gazele ideale nu-și schimbă temperatura; vaporii umezi devin mai uscați, cei supraîncălziți se răcesc; acesta este *efectul Joule-Thomson.* Fenomenul de laminare are aplicații la: instalațiile frigorifice, lichefierea gazelor (mașina Linde), determinarea umidității vaporilor, labirinții turbinelor cu abur etc.

DETONAȚIE. Proces de ardere anormală, specific motoarelor cu aprindere prin scînteie, în cursul căruia ultima parte a încărcăturii proaspete aflată în cilindru se autoaprinde, înainte ca flacăra să parcurgă întreaga cameră de ardere. Efectul exterior al arderii detonante este pus în evidență prin funcționarea violentă a motorului (zgomote foarte puternice, însoțite de unde de șoc și de vibrații).

Geneza **d.** este de natură chimică, ca urmare a formării în timpul arderii a unor produși de oxidare avansată, numiți peroxizi, substanțe foarte instabile, a căror descompunere aproape instantanee și violentă provoacă formarea undei detonante.

Apariția **d.** în motoarele cu aprindere prin scînteie este favorizată de o serie de factori de natură funcțională și constructivă, precum și de natura combustibilului utilizat.

Din punctul de vedere al parametrilor amestecului carburant, **d.** este amplificată de creșterea presiunii și temperaturii amestecului. Creșterea umidității amestecului carburant (cantitatea de vapori de apă în amestecul de aer-benzină) micșorează susceptibilitatea de **d.**

Dintre parametrii funcționali ai motorului cele mai mari influențe asupra arderii detonante o au: turația, avansul la declanșarea scînteii electrice și regimul termic al pieselor care mărginesc camera de ardere. Creșterea turației conduce la scăderea intensității **d.**, în timp ce creșterea avansului la declanșarea scînteii și a nivelului regimului termic favorizează **d.**

Parametrii constructivi ai motorului care influențează apreciabil **d.** sînt raportul de comprimare și geometria camerei de ardere. Intensitatea **d.** se micșorează odată cu scăderea raportului de comprimare și cu creșterea compactității camerei de ardere.

Influența naturii combustibilului asupra **d.** este evidențiată prin cifra octanică a combustibilului, apariția **d.** fiind cu atît mai rapidă, cu cît cifra octanică este mai mică (v. Benzină).

Evitarea **d.** la creșterea raportului de comprimare se poate realiza numai prin mărirea cifrei octanice a combustibilului. Dependența între cifra octanică a benzinei și raportul de comprimare, la limita apariției **d.**, este reprezentată în diagrama din fig. D.29.

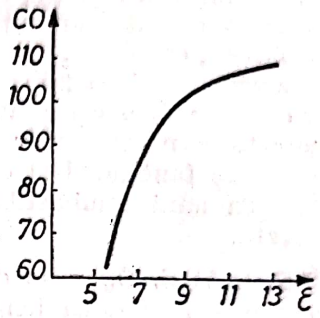


Fig. D.29. Dependența dintre cifra octanică a benzinei și raportul de comprimare al motorului la limita de detonație.

Analiza diagramei indicate (în coordonate presiune—unghi de rotație arbore) a unui motor funcționînd în regim de ardere detonantă (fig. D.30) evidențiază următoarele caracteristici ale acestui proces:

a) Presiunea gazelor în cilindru crește pînă la o valoare maximă foarte ridicată, cu o viteză extrem de mare. După atingerea valorii

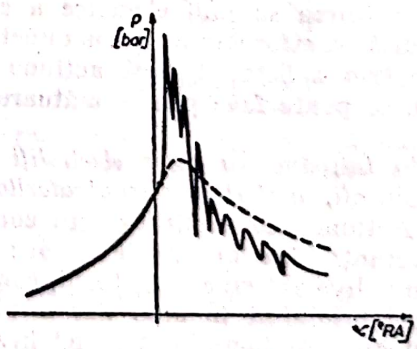


Fig. D.30. Diagrama indicată a unui motor cu aprindere prin scînteie în regim de ardere detonantă.

maxime, se produc oscilații importante ale presiunii, care se amortizează în evoluția de destindere. Aceste variații de presiune determină funcționarea brutală a motorului.

b) Aria diagramei indicate, reprezentînd lucrul mecanic indicat, este mult mai redusă în raport cu diagrama corespunzătoare arderii normale (trasată prin linie întreruptă).

Aceste caracteristici ale arderii detonante conduc la dezavantaje importante în funcțio-

narea motorului: scăderea performanţelor, ca urmare a reducerii lucrului mecanic indicat al ciclului; scăderea apreciabilă a durabilităţii motorului, datorită valorilor foarte ridicate ale presiunii maxime a gazelor în cilindru; reducerea siguranţei în funcţionare, din cauza efectului undelor de şoc, provocate de oscilaţiile presiunii, care pot conduce, în unele situaţii, la distrugerea sau deteriorarea pieselor care mărginesc camera de ardere (în special pistonul).

În scopul prevenirii **d.**, în masa combustibilului se adaugă substanţe inhibitoare, care împiedică formarea peroxizillor, numite antidetonanţi sau antioxidanţi. O importanţă deosebită pentru evitarea **d.** o constituie alegerea şi reglarea corectă a parametrilor motorului, din punct de vedere funcţional şi constructiv, precum şi alegerea unui combustibil cu cifră octanică adecvată.

DEZEMULSIONARE. Operaţie de spargere şi separare a emulsiei în două lichide nemiscibile.

Spargerea emulsiilor se realizează, în principiu, anulînd parţial sau total, factorii care produc stabilizarea lor. Stabilizarea emulsiilor se poate face cu substanţe denumite emulgatori, care pot fi: substanţe tensioactive ionice sau neionice, polimere şi particule solide cu un grad înalt de dispersie.

Metodele de **d.** se împart în două categorii dependente de tipul de emulgator utilizat şi independente de natura acestuia.

Metode dependente de tipul de emulgator

Pentru emulsiile de tipul apă în ulei (A/U), stabilizate cu emulgatori ionici, **d.** se realizează prin neutralizarea sarcinii electrice a emulgatorului, adică transformarea în urma unei reacţii chimice într-o substanţă fără acţiune superficială. **D.** se poate face prin următoarele procedee:

a) *Prin introducerea unor electroliţi cu cationi polivalenţi, majoritatea emulgatorilor fiind anionici.* Acţiunea electroliţilor este complexă, mai importanţi fiind următorii factori: reacţia cationului polivalent cu emulgatorul, conducînd la compuşi insolubili în apă, dar solubili în faza neapoasă, producîndu-se astfel inversarea emulsiei (transformarea emulsiei A/U în emulsie U/A); mărirea densităţii fazei apoase; modificarea valorii potenţialului electrocinetic.

b) *Prin acţiunea curentului electric continuu sau alternativ.* Sub acţiunea curentului continuu, picăturile stabilizate, încărcate electric, migrează spre polul de semn opus, fenomen numit e l e c t r o f o r e z ă, iar sub acţiunea curentului alternativ acestea se distribuie de-a lungul liniilor de forţă şi izolarea celor două faze se face prin ridicarea temperaturii la 60°C.

c) *Prin distrugerea emulgatorului şi transformarea sa într-o substanţă fără acţiune stabilizantă.* De exemplu, emulsiile stabilizate cu sărurile alcaline ale acizilor graşi pot fi separate prin adăugarea unui acid, ceea ce conduce la punerea în libertate a acidului gras, cu proprietăţi emulgatoare practic inexistente. **D.** emulsiilor stabilizate cu emulgatori neionici se face mult mai greu. Electroliţii sînt eficienţi numai în concentraţii mari, datorită fenomenului de „salting out" (dezlocuire prin sare).

Metode generale de spargere a emulsiilor

a) *Introducerea în sistem a unei substanţe tensioactive* fără acţiune emulgatoare conduce la spargerea tuturor tipurilor de emulsii, datorită desorbţiei emulgatorului din stratul de adsorbţie.

b) *Prin ridicarea temperaturii,* **d.** *termică* are următoarele efecte: creşterea energiei cinetice, ceea ce măreşte probabilitatea ciocnirilor; micşorarea adsorbţiei şi deci a rezistenţei peliculelor de protecţie; scăderea viscozităţii, deci mărirea mobilităţii fazei disperse care accelerează sedimentarea.

c) *Prin inversarea fazelor emulsiei,* **d.** se efectuează prin adăugarea unui emulgator care stabilizează tipul opus de emulsie. Astfel, dacă la emulsia de tipul U/A se adaugă oleat de calciu, are loc transformarea în emulsie A/U.

d) *Prin filtrare* se poate realiza în două variante: utilizarea unor filtre care sînt udate de mediul de dispersie, dar nu de faza dispersă; utilizarea unor filtre care sînt udate de faza dispersă, cînd are loc unirea picăturilor şi curgerea lor;

e) **D.** *mecanică* se realizează prin centrifugare.

Filtrarea şi centrifugarea conduc doar la concentrarea emulsiilor. La concentraţiile mai mari de fază dispersă şi la concentraţiile mici de emulgator, utilizate pentru stabilizarea emulsiilor iniţiale, particulele fazei disperse se unesc şi sistemul se distruge.

Fenomenul de **d.** are aplicaţii în industriile petrolului, alimentară, farmaceutică.

DIAFRAGMĂ (de măsurare a debitului). Dispozitiv cu reducere locală a secţiunii de curgere a unui fluid într-o conductă sub presiune, care

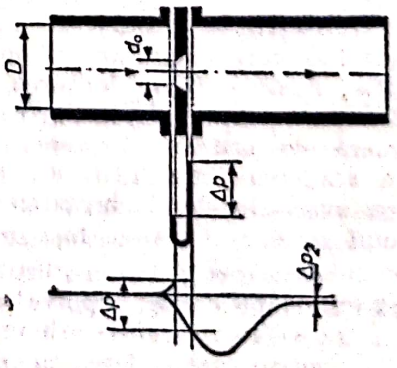


Fig. D.31. Diafragma de măsurare a debitului de fluid.

are ca efect o cădere de presiune. Metoda permite determinarea debitului, prin legătura existentă între acesta și căderea de presiune produsă (fig. D.31).

Debitul volumetric trecut printr-o **d.** este:

$$\dot{V}=C\cdot\alpha\cdot\varepsilon\cdot d_0^2\sqrt{\frac{\Delta p}{\rho}} \quad [m^3/h].$$

Debitul masic este:

$$\dot{m}=C\cdot\alpha\cdot\varepsilon\cdot d_0^2\sqrt{\rho\cdot\Delta p} \quad [kg/h],$$

în care: α este coeficientul de debit; ε — coeficientul de detentă; d_0 — diametrul orificiului diafragmei [m]; ρ — densitatea fluidului [kg/m³]; Δp — căderea de presiune în diafragmă [N/m²]; C — constantă ale cărei valori sînt funcție de unitățile de măsură ale căderii de presiune și sînt date în tabelul D.3. Coeficientul de debit α

Tabelul D.3

Valorile constantei C

exprimat în:	C
N/m²	0,3998565
bar	3,998565
mm H_2O	1,2521736

depinde de regimul de curgere a fluidului (Re) și de raportul secțiunilor $m_s=\frac{S_0}{S}=\frac{d_0}{D^2}$ (fig. D.32). Valorile coeficientului de debit α sînt obținute experimental. Coeficientul de

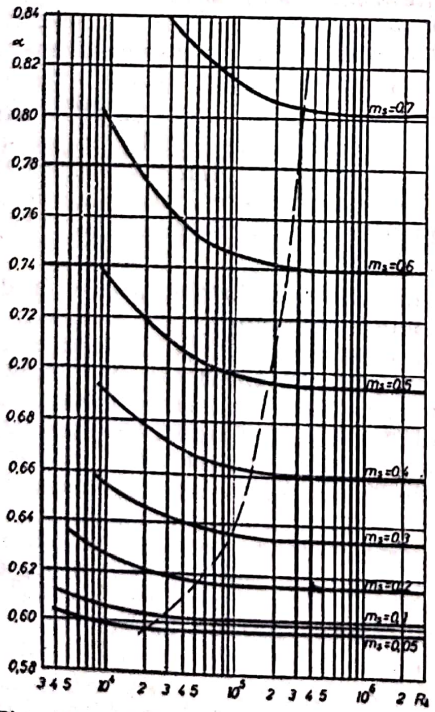


Fig. D.32. Variația coeficientului de debit α în funcție de numărul Re și de raportul m_s

detentă ε este un coeficient care se ia în considerație pentru fluide compresibile, valorile indicate în norme fiind determinate pe cale experimentală.

Coeficienții de debit și de detentă ai **d.** au fost determinați experimental pentru un anumit tip constructiv de **d.**, **d.** *normalizată* (*standardizată*); ca urmare, ei vor fi valabili doar pentru **d.** realizate constructiv, conform normelor (fig. D.33 și D.34). În cazul în care condițiile de măsurare sînt în afara prevederilor normelor, acestea nu mai pot fi aplicate, iar **d.** trebuie etalonată cu un contor volumetric. În situațiile care reprezintă abateri de la norme, se încadrează și măsurarea debitului în conductele cu diametrul sub 50 mm.

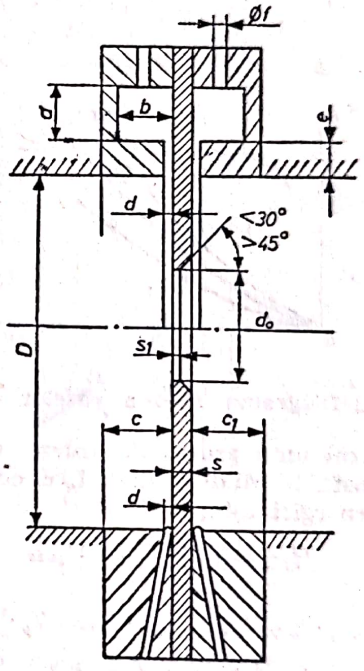


Fig. D.33. Diafragmă standardizată (STAS 7347/1-83).

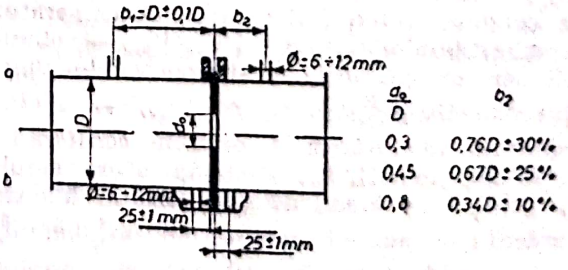


Fig. D.34. Condiții standardizate privind montarea diafragmelor

D. de măsură provoacă o pierdere de presiune reziduală:

$$\Delta p_1\approx(1-m_d)\Delta p,$$

în care m_d este raportul $\frac{d_0^2}{D^2}$, iar Δp — căderea de presiune în **d.**

D. *de laminare* este un dispozitiv cu reducere locală a secțiunii de curgere a unui fluid într-o conductă, utilizat pentru distrugerea unui disponibil de presiune existent. Pierderea de presiune pe o **d.** de laminare cu diametrul orificiului d_0, montată pe o conductă de diametru D, parcursă de debitul de fluid G_h, este:

$$\Delta p = 6\,376\left(1+\frac{0{,}707}{\sqrt{1-m_d}}\right)^2\left(\frac{1-m_d}{m_d}\right)^2\frac{G_h^2}{\rho^2 D^2}\,[\mathrm{N/m^2}],$$

G_h [kg/h]; ρ [kg/m³]; D [mm].

DIAGRAMA H-t (a gazelor de ardere). Variație a entalpiei gazelor de ardere în funcție de temperatură, la diverse valori ale coeficientului de exces de aer cu care are loc procesul de ardere, pentru diverși combustibili (fig. D.35).

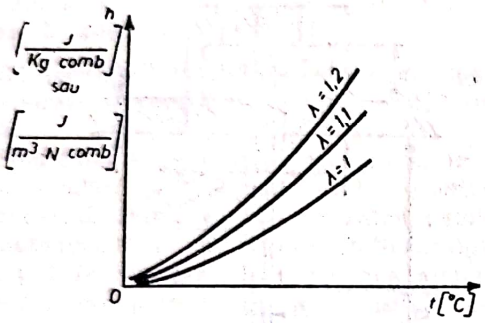


Fig. D.35. Diagrama H—t a gazelor de ardere

În cazul unui proces de ardere desfășurat la p=const., în condiții adiabatice, ecuația conservării energiei este:

$$Q_i + h_{comb} + H_{aer} = H_{gaze}$$

sau:

$$Q_i + c_{p,\,c}\cdot t_c + V_{aer} c_{p,\,aer}\cdot t_{aer} = V_g \cdot c_{p,\,g}\cdot t_g,$$

unde: Q_i este puterea calorifică inferioară a combustibilului respectiv [J/kg sau J/m³N]; $c_{p,\,c}$ — căldura specifică la presiune constantă a combustibilului [J/kg·K]; t_c — temperatura combustibilului respectiv [°C]; V_{aer} — volumul de aer care participă la arderea combustibilului respectiv [m³N/kg, m³N]; $c_{p,\,aer}$ — căldura specifică volumetrică la presiune constantă a aerului [J/m³·K]; t_{aer} — temperatura aerului [°C]; V_g — volumul de gaze rezultat în urma arderii unui anumit combustibil [m³N/kg, m³N]; $c_{p,\,g}$ — căldura specifică volumetrică la presiune constantă a gazelor de ardere [J/m³·K]; t_g — temperatura gazelor produse prin ardere [°C].

Temperatura gazelor de ardere, t_g, care intervine în ecuația conservării energiei, se numește *temperatură teoretică de ardere* și are expresia:

$$t_g = \frac{Q_i + c_{p,\,c}\cdot t_c + V_{aer}\cdot c_{p,\,aer}\cdot t_{aer}}{V_g \cdot c_{p,\,g}}.$$

Conținutul de căldură al gazelor de ardere se poate determina prin calculul entalpiei corespunzătoare cantității de gaze V_g, rezultată prin arderea unității de combustibil cu temperatura t:

$$H_{gaze} = V_g \cdot c_{p,\,g}\cdot t_g = t_g \sum_{i=1}^{i=n} V_{g,\,i}\cdot c_{p,\,g,\,i}\,[\mathrm{J/kg}].$$

Pentru fiecare temperatură t_g rezultă o valoare a entalpiei H_{gaze} astfel că pentru o anumită compoziție a gazelor de ardere (corespunzătoare unei valori date a coeficientului de exces de aer λ) se poate trasa curba $H_{gaze}=f(t)$. Pe măsură ce coeficientul de exces de aer λ are o valoare mai ridicată, volumul gazelor de ardere este mai mare și, deci, pentru aceeași valoare a temperaturii, entalpia devine mai ridicată.

DIAGRAMĂ INDICATĂ. Reprezentare grafică a ciclului de funcționare al unei mașini termice cu piston, prin trasarea variației presiunii reale în cilindru în funcție de variația volumului (datorită deplasării pistonului), obținută cu ajutorul unei instalații mecanice sau electrice.

Suprafața **d.i.** reprezintă, la o anumită scară, lucrul mecanic produs sau consumat pe ciclu de mașina respectivă. Ca atare, **d.i.** este utilizată pentru determinarea indicilor de performanță ai mașinilor termice cu piston.

În cazul instalației de indicare mecanică, presiunea măsurată acționează un piston care prin intermediul unui sistem de pîrghii și al unei peniță inscriptoare permite înregistrarea pozițiilor instantanee ale pistonului mașinii pe un tambur cu hîrtie.

Indicatoarele mecanice sînt caracterizate prin frecvența scăzută a oscilațiilor proprii (400—1 000 Hz), ceea ce limitează utilizarea lor numai la motoarele și compresoarele cu turații mici (pînă la 300 rot/min), precum și la mașinile cu abur.

La *indicatoarele electrice*, presiunea din cilindru acționează asupra unui traductor piezoelectric, montat în chiulasă. Tensiunea electrică generată de traductor este amplificată într-un amplificator de sarcină, variația acestei tensiuni (respectiv a presiunii din cilindru) fiind pusă în evidență pe ecranul unui osciloscop sau pe o bandă înregistratoare. Frecvența ridicată a oscilațiilor proprii ale osciloscopului (2 000—20 000 Hz) permite înregistrarea **d.i.** pentru motoare cu turații mari, la care viteza de variație a presiunii în cilindru atinge valori foarte ridicate (50 000—100 000 daN/cm²·s).

În fig. D.36 și D.37 sînt prezentate două **d.i.** ale unor motoare diesel, înregistrate în coordonate presiune-volum (fig. D.36) și presiune-unghi de rotație arbore (fig. D.37). În cel de al doilea caz, este înregistrată și poziția

Scanned with OKEN Scanner

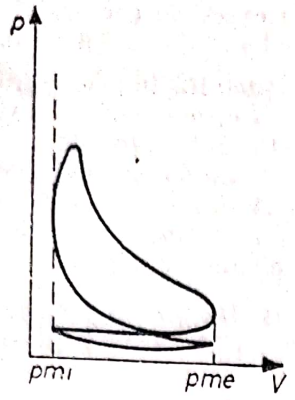


Fig. D.36. Diagrama indicată în coordonata p—V.

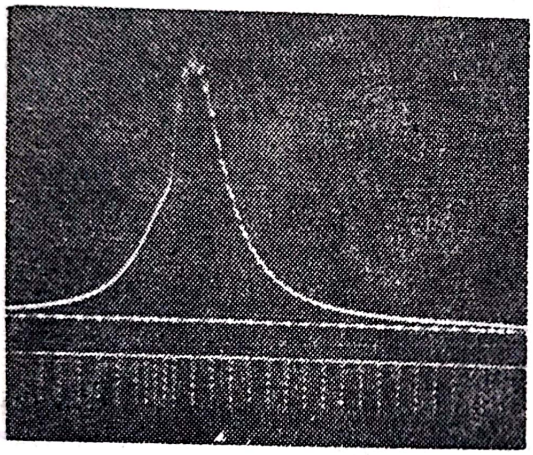


Fig. D.37. Diagrama indicată în coordonate presiune—unghi de rotație arbore.

unghiulară a arborelui cotit (marcaj de unghi) pentru evidențierea corespondenței între variația presiunii în cilindru și poziția unghiulară a arborelui.

D.i. se utilizează în următoarele scopuri:

a) Determinarea presiunii medii indicate a motoarelor cu ardere internă, prin calculul raportului între suprafața diagramei (măsurată prin planimetrare) și volumul dezvoltat de piston:

$$p_m = \frac{L[\mathrm{J}]}{V[\mathrm{m}^3]} \left[\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{m}^2}\right].$$

Presiunea medie indicată servește la calculul puterii indicate, respectiv a puterii dezvoltate în cilindrul motorului.

b) Calculul puterii absorbite de compresoarele cu piston.

c) Determinarea forței de tracțiune a locomotivelor cu abur.

d) Investigarea proceselor funcționale care au loc în cilindrii mașinilor termice.

O importanță deosebită în acest domeniu o prezintă procesul de ardere în motoarele cu ardere internă, din punctul de vedere al determinării parametrilor procesului, factor esențial în cadrul activității de cercetare privind definitivarea soluției energetice a unui nou tip de motor. În acest scop, **d.i.** se înregistrează în coordonate presiune-unghi de rotație arbore, sistem mai avantajos (în raport cu coordonatele presiune-volum), deoarece permite extinderea intervalului de variație a presiunii în timpul arderii, ceea ce mărește precizia investigației.

Pentru obținerea unor informații suplimentare privind procesul de ardere este util să se suprapună două **d.i.**: una, reprezentînd variația presiunii în cilindrul motorului într-un ciclu fără aprindere (motorul fiind antrenat din exterior) și a doua, reprezentînd diagrama unui ciclu cu aprindere, de exemplu cazul unui motor diesel (fig. D.38). De asemenea, este util să se asocieze **d.i.** o diagramă reprezentînd ridicarea acului injectorului, în funcție de unghiul de rotație al arborelui cotit.

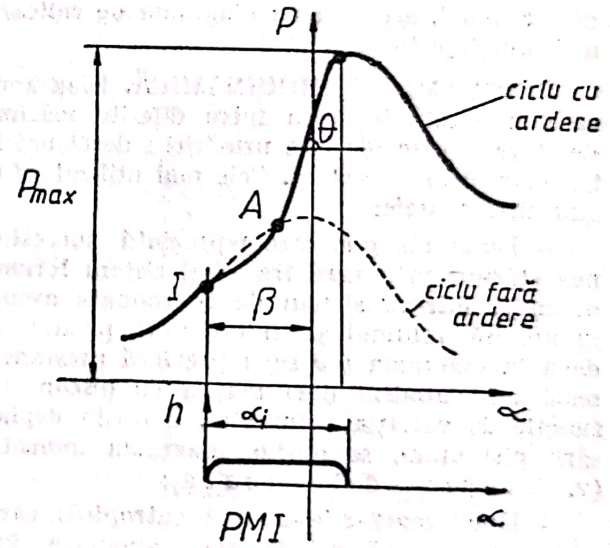


Fig. D.38. Parametrii principali ai proceselor de ardere și injecție, materializați în diagrama indicată a unui motor diesel.

Parametrii principali ai procesului de ardere, determinați pe baza celor două diagrame sînt:

— presiunea maximă a gazelor pe ciclu (p_{max});

— viteza de creștere a presiunii în timpul arderii, evidențiată de panta curbei de presiune:

$$\mathrm{tg}\,\theta = \frac{dp}{d\alpha};$$

— avansul la injecție (β), delimitat de punctul de început de injecție (I) și, respectiv, de punctul mort interior (PMI);

— durata injecției (α_i), delimitată de punctele de ridicare și de coborîre a acului injectorului;

Scanned with OKEN Scanner

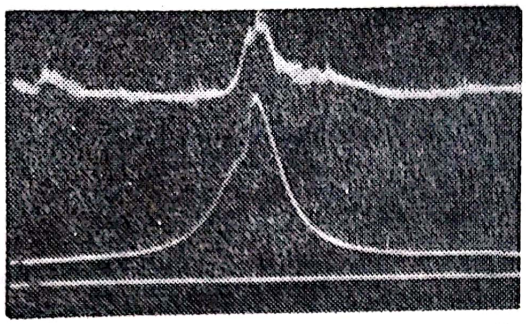


Fig. D.39. Diagrama indicată a unui motor diesel și diagrama de ridicare a acului injectorului, evidențiate pe osciloscop.

— durata întîrzierii la aprindere (τ_a), delimitată de punctul de început de injecție (I) și, respectiv, de punctul de început al arderii (A).

În fig. D.39 este prezentată o **d.i.** a unui motor diesel, asociată cu diagrama de ridicare a acului injectorului.

DIAGRAMĂ TERMODINAMICĂ. Diagramă care stabilește legătura între diferite mărimi de stare și care permite urmărirea desfășurării transformărilor de stare. Cele mai utilizate **d.t.** sînt următoarele:

— Diagrama p-v, care reprezintă succesiunea stărilor prin care trece un sistem termodinamic, într-un sistem de coordonate avînd în abscisă volumul și în ordonată presiunea; dacă în diagrama p-v se reprezintă presiunea reală din cilindrul unei mașini cu piston în funcție de variația volumului, datorită deplasării pistonului, se obține diagrama indicată (v. Diagramă indicată);

— Diagrama T-s (diagrama entropică), care reprezintă transformările termodinamice într-un sistem de axe avînd în abscisă entropia, iar în ordonată temperatura absolută;

— Diagrama h-s (în coordonate entalpie-entropie), utilizată în special pentru gazele reale; are avantajul că permite citirea rapidă a lucrului mecanic tehnic adiabatic izentrop. Este utilizată în special la studierea proceselor din mașinile de forță cu abur și la stabilirea vitezelor de curgere în ajutaje;

— Diagrama T-v (temperatură absolută-volum specific), utilizată în special la studierea efectului Joule-Thomson;

— Diagrama p-T sau lg p-T (presiune-temperatură absolută), diagramă practică de calcul a proceselor din instalațiile frigorifice;

— Diagrama h-p sau h-ln p (entalpie-presiune), utilizată mai ales pentru mașinile frigorifice;

— Diagrama h-T (entalpie-temperatură absolută) sau diagrama termodinamică a arderii, care permite determinarea entalpiei gazelor arse și a temperaturii de ardere la diferiți coeficienți de exces de aer (v. Diagrama h-t a gazelor de ardere).

DIESEL, Rudolf. Inginer german (1858—1913), inventatorul motorului cu aprindere prin comprimare. Primul motor de acest tip a fost construit de R. Diesel în anul 1897. În terminologia tehnică din multe țări este adoptată, pentru motorul cu aprindere prin comprimare, denumirea de „motor diesel".

DIESEL (Indice) (I.D.). Criteriu de apreciere a calității de ardere a combustibililor diesel.

Valoarea **I.D.** este numeric egală cu produsul dintre punctul de anilină al combustibilului, exprimat în grade Fahrenheit și densitatea lui ρ_{API}, exprimată în grade API.

Densitatea, exprimată în grade API, se obține din relația:

$$\rho_{API} = \frac{141{,}5}{\left(\frac{\rho_c}{\rho_a}\right)_{15{,}7°C}} - 131{,}5,$$

în care ρ_c și ρ_a reprezintă densitățile relative ale combustibilului și apei la temperatura de 15,7°C.

Corespondența între valorile **I.D.** și cele ale cifrei cetanice pentru combustibilii motoarelor diesel este dată în tabelul D.4.

Tabelul D.4

Corespondență între indicele diesel (I.D.) și cifra cetanică (C.C.) pentru combustibili diesel

C.C.	30	35	40	45	50	55	60
I.D.	19	27	37	45	53	59	65

DIESEL (Motor). Motor cu ardere internă la care aprinderea se realizează prin contactul particulelor de combustibil pulverizat cu aerul încălzit prin comprimare în cilindru.

Procedeul de aprindere a determinat răspîndirea denumirii de „motor cu aprindere prin comprimare"; amîndouă denumirile au utilizare generală.

Ciclul termodinamic al **m.d.** rapid este dat în fig. D.40 și D.41. Fig. D.40 reprezintă ciclul real al motorului, iar fig. D.41, ciclul teoretic, care schematizează ciclul real (presupunînd neexistența pierderilor de energie pe parcursul ciclului). Transformările care alcătuiesc ciclul teoretic al **m.d.** sînt: admisia aerului în cilindru (transformarea $0-1$), comprimarea

Scanned with OKEN Scanner

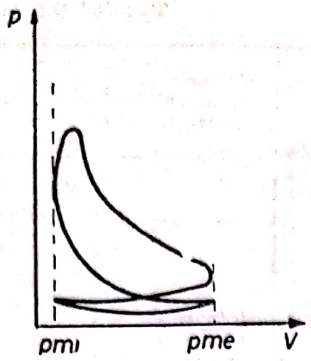


Fig. D.40. Ciclul termodinamic real al motorului diesel rapid.

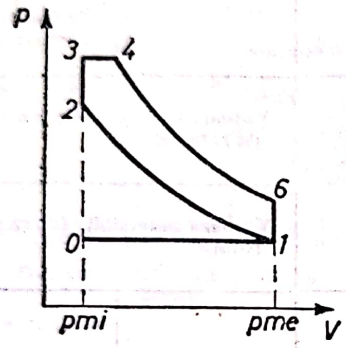


Fig. D.41. Ciclul teoretic al motorului diesel.

aerului (*1—2*), arderea la volum constant (*2—3*), respectiv la presiune constantă (*3—4*) a amestecului aer-combustibil, destinderea gazelor rezultate din ardere (*4—6*), evacuarea liberă a gazelor arse (*6—1*) și evacuarea forțată de către piston (*1—0*).

Parametrii caracteristici ai ciclului Diesel teoretic sînt:

— raportul de comprimare $\varepsilon = \frac{V_1}{V_2}$ (v. Raport de comprimare)

— raportul de creștere a presiunii $\lambda = \frac{p_3}{p_2}$

— raportul de destindere prealabilă $\rho = \frac{V_4}{V_3}$

— raportul de destindere ulterioară $\delta = \frac{V_1}{V_4}$.

Randamentul termodinamic al **m.d.** se determină în funcție de căldura primită de ciclu de la sursa caldă (căldurile dezvoltate prin arderea combustibilului la volum constant Q_{2-3} și, respectiv, la presiune constantă Q_{3-4} și de căldura evacuată prin gazele arse Q_{6-1}:

$$\eta_t = 1 - \frac{|Q_{6-1}|}{Q_{2-3} + Q_{3-4}};$$

Înlocuind expresiile schimbului de căldură în funcție de parametrii ciclului teoretic, valoarea randamentului termic al ciclului Diesel este:

$$\eta_t = 1 - \frac{1}{\varepsilon^{k-1}} \cdot \frac{\lambda\rho^k - 1}{[(\lambda - 1) + k\lambda(\rho - 1)]},$$

unde k este exponentul adiabatic al evoluțiilor de comprimare și destindere.

În cazul ciclului real al motorului, pentru calculul randamentului se iau în considerare pierderile de căldură, procesul de laminare la trecerea gazelor prin supape și fazele reale ale distribuției. Acest randament, numit *randament indicat*, exprimă capacitatea ciclului real de a transforma căldura în lucru mecanic și reprezintă raportul între lucrul mecanic indicat (aria diagramei reale — fig. D.42) și cantitatea de căldură degajată prin ardere în ciclu:

$$\eta_i = \frac{L_i}{Q_i};$$

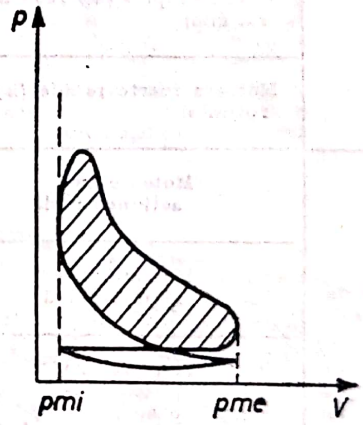


Fig. D.42. Lucrul mecanic indicat al motorului diesel.

Randamentul efectiv al ciclului Diesel evaluează atît gradul de imperfecțiune al ciclului teoretic, cît și pierderile mecanice (exprimate prin randamentul mecanic η_m). Randamentul efectiv se exprimă prin raportul între căldura transformată în lucru mecanic efectiv (la arborele motorului) și căldura de ardere a combustibilului consumat pentru obținerea acestui lucru mecannic:

$$\eta_e = \frac{L_e}{Q_i} = \frac{L_i \eta_m}{Q_i} = \eta_i \eta_m.$$

Clasificarea motoarelor diesel, pe baza unor criterii funcționale, constructive și de utilizare, este prezentată în tabelul D.5. Domeniile de utilizare sînt prezentate în fig. D.43, în funcție de putere și de turația arborelui cotit.

În fig. D.44—D.49 sînt prezentate unele tipuri reprezentative de **m.d.**, corespunzător domeniilor de utilizare specificate.

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul D.5

Clasificarea motoarelor diesel

Procedeul de realizare a ciclului	Motoare în patru timpi	
	Motoare în doi timpi	
Procedeul de umplere a cilindrilor	Motoare cu aspirație naturală	
	Motoare cu supraalimentare	
Mărimea turației nominale a arborelui	Motoare lente (n = 100 — 300 rot/min)	
	Motoare semirapide (n = 300 — 700 rot/min)	
	Motoare rapide (n = 700 — 3 000 rot/min)	
	Motoare foarte rapide (n > 3 000 rot/min)	
Procedeul de funcționare	Motoare cu acțiune simplă	
	Motoare cu acțiune dublă	
	Motoare cu pistoane opuse	
Dispunerea cilindrilor	Motoare cu cilindri verticali, în linie	Un rînd de cilindri
		Două rînduri de cilindri
	Motoare cu cilindri orizontali	În linie
		În H
		Cu cilindri opuși
	Motoare cu cilindri în V	
	Motoare cu cilindri în W	
	Motoare cu cilindri în stea	

Tabelul D.5 (continuare)

Tipul camerei de ardere	Motoare cu camera unitară (injecție directă)	
	Motoare cu cameră de ardere divizată	Motoare cu antecameră
		Motoare cu cameră de turbionare (camera de ardere divizată în două compartimente)
		Motoare cu cameră de acumulare (camera de ardere divizată în 2 — 3 compartimente)
Sensul de rotație al arborelui	Motoare nereversibile (un singur sens de rotație)	
	Motoare reversibile (două sensuri de rotație)	
Destinație	Motoare stabile	Grupuri electrogene
		Grupuri de sudură
		Grupuri motocompresor
		Grupuri motopompă
	Motoare pentru tracțiune rutieră	Autovehicule
		Tractoare
	Motoare pentru tracțiune feroviară (locomotive diesel cu transmisie electrică, hidraulică sau mecanică)	
	Motoare pentru utilaje de construcții	
	Motoare pentru propulsie navală	Motoare principale (reversibile sau nereversibile) pentru acționarea elicei
		Motoare auxiliare

Scanned with OKEN Scanner

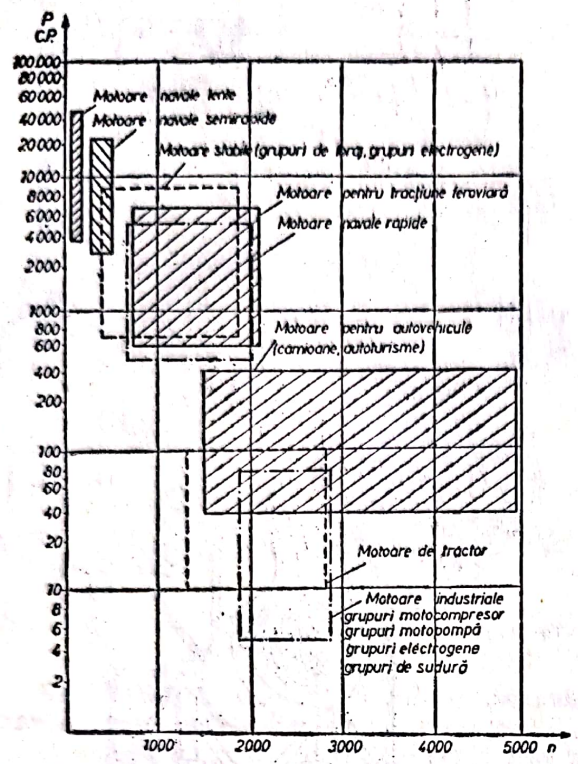


Fig. D.43. Domenii de utilizare a motoarelor diesel.

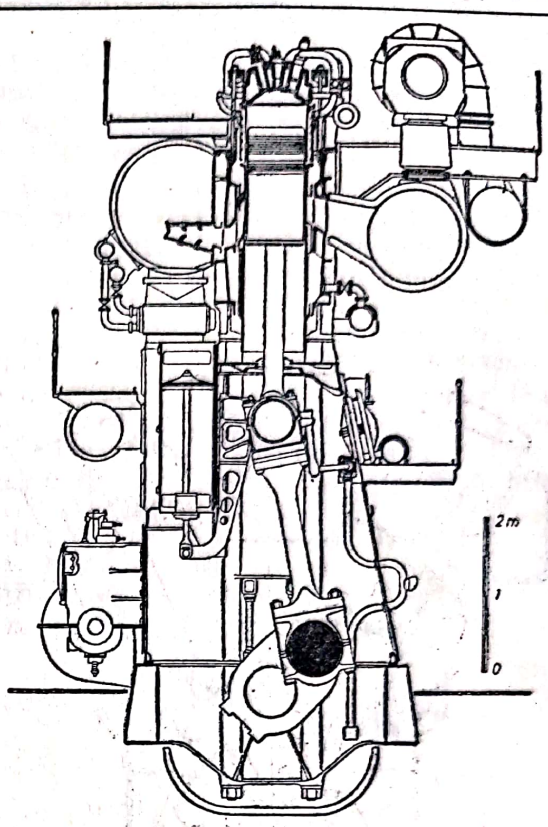


Fig. D.44. Motor naval lent, în doi timpi, policilindric, cu cap de cruce, cu acţiune simplă, cu supraalimentare.

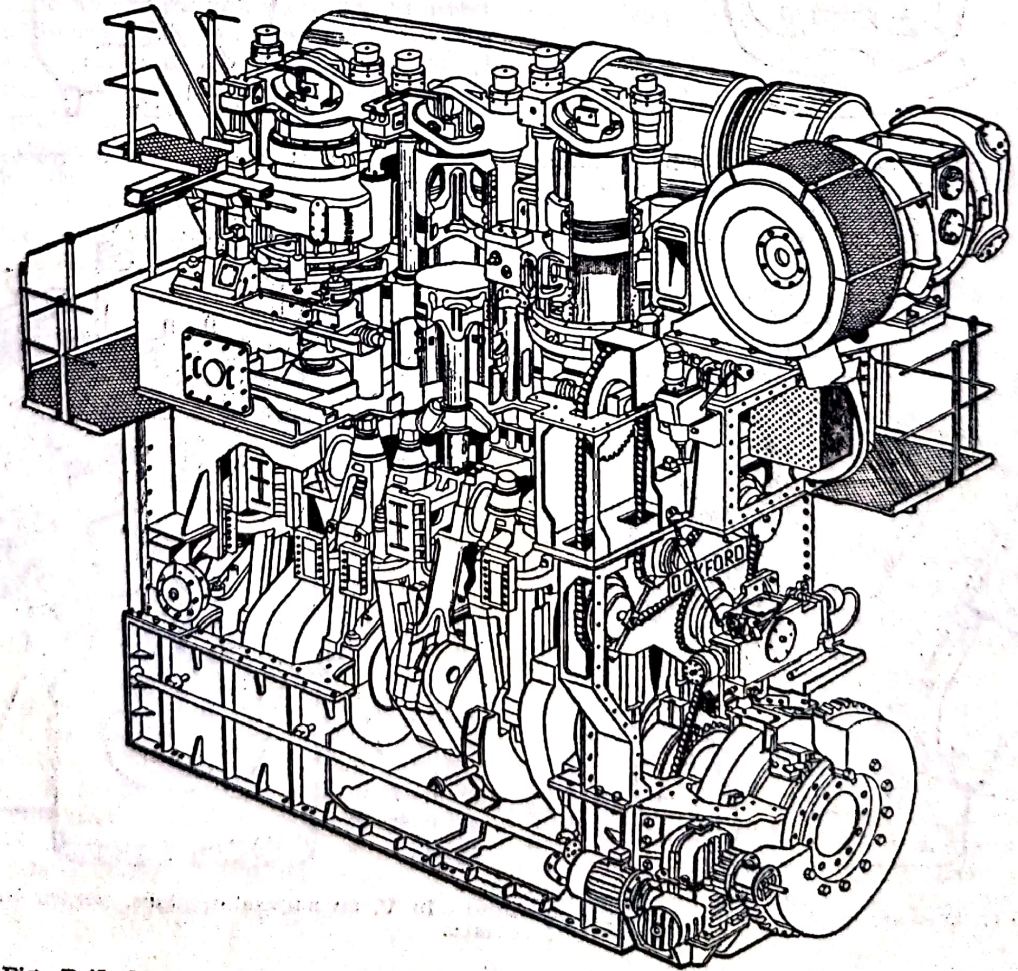


Fig. D.45. Motor naval lent, în doi timpi, cu trei cilindri, cu cap de cruce, cu pistoane opuse, cu supraalimentare.

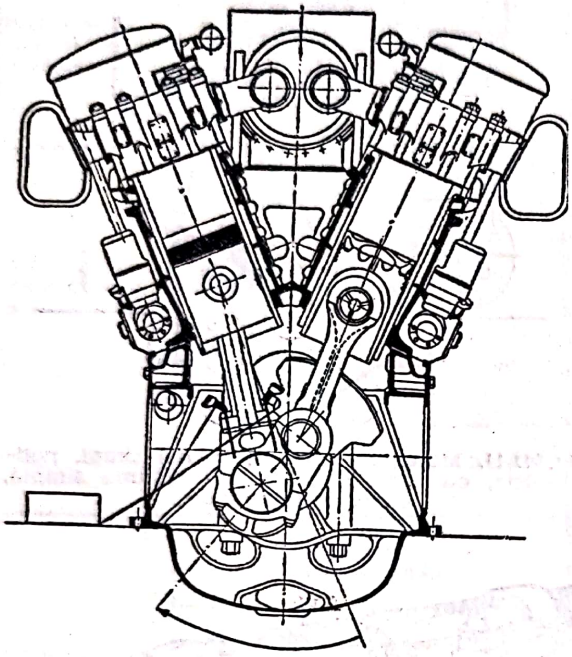


Fig. D.46. Motor naval semirapid, în patru timpi, cu cilindri în V, cu supraalimentare.

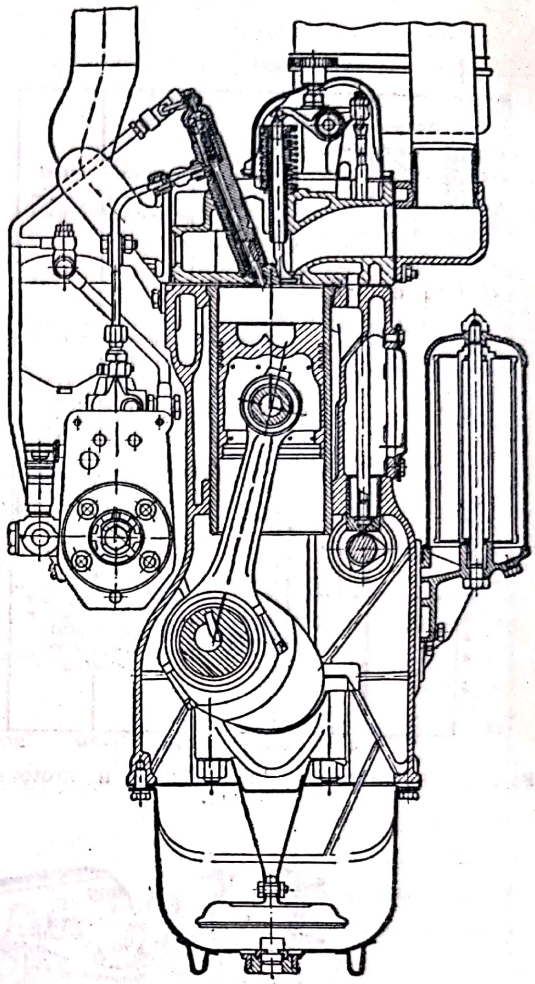
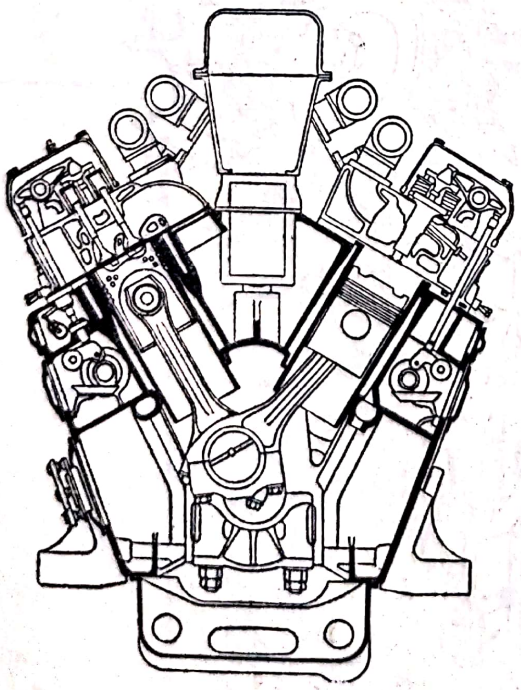


Fig. D.48. Motor rapid de tractor.



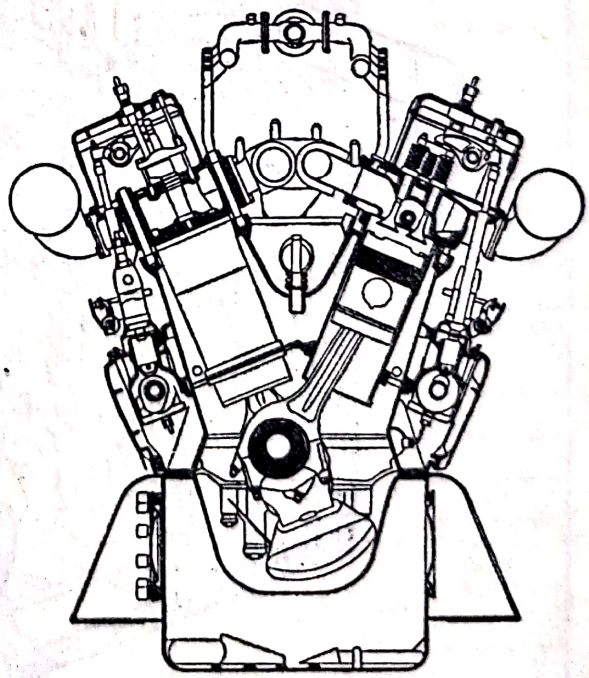


Fig. D.47. Motoare rapide în patru timpi, cu cilindri în V, cu supraalimentare, pentru tracțiune feroviară.

Scanned with OKEN Scanner

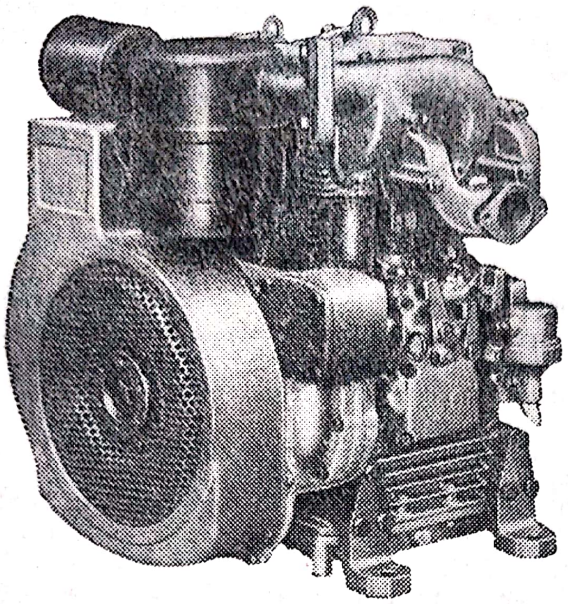


Fig. D.49 Motor rapid, răcit cu aer, pentru grupuri industriale.

DIFUZIE. Deplasare a moleculelor unei substanţe printre moleculele altei substanţe.

D. *moleculară* constă numai în deplasarea la scară moleculară a unei substanţe printr-un fluid. Forţa termodinamică care acţionează (forţa motoare care trebuie să existe la orice transport de substanţă sau energie), în acest caz, este diferenţa de concentraţie.

Legea ce guvernează **d.** este analoagă legii lui Fourier pentru transferul de căldură şi legii lui Newton pentru transferul de impuls. Ea a fost stabilită intuitiv de *Fick* şi se enunţă astfel: „cantitatea de substanţă N_A care difuzează în unitatea de timp prin unitatea de suprafaţă corespunde unui vector proporţional concentraţiei, cu direcţia şi sensul în care se face **d.**, deci:

$$N_A = \mathcal{D} \cdot grad\ C_A = -\mathcal{D}\frac{dC_A}{dx} \quad [kg/m^2s],$$

unde: $\mathcal{D}$ este factorul de proporţionalitate care se numeşte *coeficient de* **d.** *moleculară* a componentului A prin componentul B [m^2/s] (semnul minus arată că **d.** se face în sensul în care concentraţia scade); dC_A/dx — gradientul concentraţiei componentului A în direcţia x normală la suprafaţa de concentraţie constantă [$kg/m^3 \cdot m$]. Pentru gaze, concentraţiile se înlocuiesc prin presiunile parţiale ale componenţilor: $C_A = p_A/RT$ [kg/m^3].

Pe lîngă **d.** moleculară, dată de deplasările moleculelor şi corespunzătoare vectorului N, mai contribuie la omogenizarea concentraţiei şi **d.** *de turbulenţă*, rezultată din deplasarea unor porţiuni macroscopice de fluid în mişcarea turbulentă. Difuzia de turbulenţă se exprimă printr-o relaţie analoagă legii lui Fick:

$$N_t = \mathcal{D}_t \cdot grad\ C,$$

unde factorul de proporţionalitate $\mathcal{D}_t$ este numit *difuzivitate aparentă de turbulenţă* [m^2/s]. **D.** de turbulenţă este întotdeauna însoţită de **d.** moleculară.

D. *convectivă* se referă la un fluid în mişcare, adică la substanţa transferată odată cu deplasarea masei de fluid şi nu numai datorită vîrtejurilor din interiorul fluidului (**d.** turbulentă). Acest proces complex de curgere se obţine printr-un proces mecanic, cum ar fi agitarea prin simpla deplasare a fluidelor în interiorul aparatelor sub acţiunea unei diferenţe de presiune sau a gravitaţiei prin acţiunea simultană a mai multor forţe, cum ar fi forţa de gravitaţie împreună cu forţa centrifugă etc. Descrierea matematică a procesului de **d.** convectivă este dată de ecuaţia diferenţială a **d.** unui fluid în mişcare (ecuaţia diferenţială a distribuţiei concentraţiei unui fluid în mişcare), în regim staţionar:

$$w_x\frac{\partial C}{\partial x} + w_y\frac{\partial C}{\partial y} + w_z\frac{\partial C}{\partial z} = D\left(\frac{\partial^2 C}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 C}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 C}{\partial z^2}\right)$$

sau

$$(\vec{w}\ grad\ C) = D\nabla^2 C.$$

Un alt caz este cel al **d.** *într-o singură fază a unui amestec binar de gaze.* Dacă într-o regiune a unui volum de gaz există o diferenţă de concentraţie, componenţii gazului vor difuza în sensul uniformizării compoziţiei amestecului. În tehnică, se foloseşte pe scară largă **d.** într-o singură fază, sub următoarele forme:

a) **d.** *de masă*, operaţie prin care se separă componenţii unui amestec gazos pe baza diferenţei între coeficienţii de **d.** Dacă un amestec binar gazos, format din componenţii 1 şi 2 este adus în contact cu un al treilea gaz, ei vor difuza cu viteze diferite, iar raportul dintre concentraţiile componenţilor 1 şi 2 în componentul 3 va fi diferit în comparaţie cu raportul lor în amestecul iniţial. Cel de-al treilea gaz, sau mediul de difuzie se alege astfel, încît el să fie uşor de îndepărtat din amestecul final (dacă componenţii 1 şi 2 sînt gaze necondensabile, se ia ca mediu de **d.** vaporii şi invers).

b) **d.** *termică* (*termodifuzia*), care are loc, cînd printr-un amestec gazos trece un flux ireversibil de căldură, producîndu-se separarea parţială a componenţilor. În zona mai rece a camerei de **d.** se concentrează componentul cu masă molară mai mare sau cu molecula mai mare, iar în zona mai caldă, componentul mai uşor. Prin termodifuzie s-a realizat separarea izotopilor clorului, neonului, uraniului, carbonului etc.

Scanned with OKEN Scanner

c) **d.** *prin membrane*, care se realizează atunci, cînd un amestec gazos curge în lungul unei membrane ale cărei orificii sînt mai mici decît drumul liber mijlociu al moleculelor. Prin membrană din amestecul gazos nu va trece componentul mai greu, deci gazul care a trecut este mai bogat în componentul uşor (comparativ cu componenţii din amestecul iniţial). După Maxwell, frecvenţa cu care moleculele diferite trec prin deschideri relativ mici este invers proporţională cu rădăcina pătrată a maselor molare.

Prin opoziţie, **d.** *între două faze* este specifică proceselor de schimbare de fază (vaporizarea, condensarea, sublimarea, dizolvarea, cristalizarea etc.).

DIFUZIVITATE TERMICĂ. Mărime caracteristică fiecărui corp, exprimînd viteza de pătrundere a căldurii sau gradientul temporal al cîmpului de temperatură. Numeric, este egală cu raportul dintre conductivitatea termică λ a materialului şi produsul dintre căldura specifică c_p şi densitatea ρ, adică $a=\lambda/\rho \cdot c_p$ [m²/s]. Se utilizează în ecuaţia fundamentală a conducţiei lui Fourier şi intervine în criteriile de similitudine utilizate în transmisia de căldură (ex.: Biot, Prandtl, Lewis etc.).

DIFUZOR. Canal divergent folosit pentru transformarea energiei cinetice a unui fluid ce se află în mişcare în energie potenţială (ex.: difuzor de ventilator, difuzor de ejector etc.).

D. *de ventilator* se montează la refularea aerului din ventilator pentru reducerea vitezei şi mărirea presiunii statice. Se foloseşte atît la ventilatoarele centrifugale, cît şi la cele axiale. Forma constructivă a **d.** ventilatoarelor centrifugale poate fi: trunchi de con sau de piramidă, regulat (simetric) sau neregulat (asimetric), cu secţiunea pătrată.

Gradul de evazare al **d.** este dat de raportul $n=S_e/S_i$ între secţiunea de ieşire şi intrare, iar unghiul de evazare α pentru aer este de cca 15 — 30°. Lungimea **d.**, l, se determină din relaţia:

$$l=\frac{d_e-d_i}{2\,\mathrm{tg}\,\frac{\alpha}{2}} \quad [\mathrm{m}],$$

conform notaţiilor din fig. D.50.

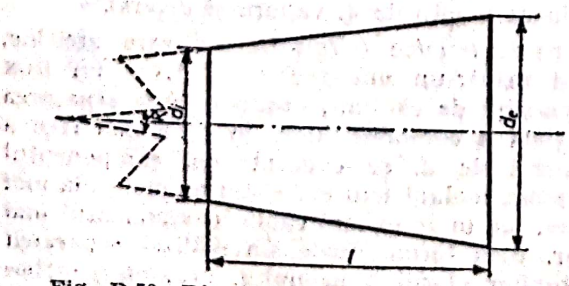


Fig. D.50. Dimensiunile caracteristice ale difuzorului.

Pierderile de presiune dinamice la trecerea gazului prin **d.** sînt date de suma pierderilor datorate variaţiei energiei cinetice prin **d.** şi a celor de la ieşire:

$$\Delta p=\Delta p_{\Delta w}+\Delta p_e=\xi\frac{\rho}{2}(w_i^2-w_e^2)+$$

$$+\frac{\rho}{2}w_e^2 \quad [\mathrm{N/m^2}],$$

unde ξ este coeficientul de pierderi de presiune şi are valoarea cuprinsă între 0,1 şi 0,15 pentru un unghi de evazare $\alpha=15°$; w_i, respectiv w_e — viteza gazului la intrare, respectiv la ieşire; ρ — densitatea lui.

D. *ventilatoarelor axiale* este format din două trunchiuri de con cu diametre diferite, dispuse unul în interiorul celuilalt (fig. D.51). Unghiurile de evazare ale celor două conuri sînt diferite $\alpha_e>\alpha_i$, astfel încît canalul dintre ele (în care circulă aerul) este de secţiune crescătoare, gradul de evazare putînd ajunge la valoarea 3.

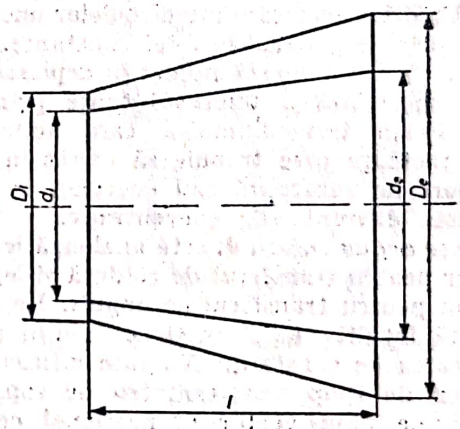


Fig. D.51. Difuzor pentru ventilatoare axiale.

D. *de ejector* are acelaşi rol ca cel de ventilator, dar poate avea secţiune convergent-divergentă.

Prin **d.** se defineşte şi piesa de legătură între două tronsoane de conductă cu secţiuni sau forme diferite. **D.** constituie o rezistenţă locală care produce o pierdere de presiune a fluidului din cauza vîrtejurilor care apar la dezlipirea curentului de fluid de pereţii conductei.

DILATARE TERMICĂ. Variaţie a dimensiunilor unui corp datorită modificării temperaturii lui.

La corpurile solide se deosebesc:

— dilatare liniară, cînd toate dimensiunile sînt neglijabile faţă de lungime; este caracterizată prin coeficientul de dilatare liniară $\beta=\frac{1}{L_0}\left(\frac{\partial L}{\partial t}\right)_p$, unde L_0 este lungimea iniţială, iar L — lungimea la temperatura t;

— dilatare superficială, cînd o dimensiune este neglijabilă comparativ cu celelalte două;

este caracterizată prin coeficientul de dilatare superficială $\sigma = \frac{1}{S_0}\left(\frac{\partial S}{\partial t}\right)_p$, unde S_0 este suprafața inițială, iar S — suprafața la temperatura t;

— dilatare volumică, considerînd variația tuturor dimensiunilor; este caracterizată prin coeficientul de dilatare volumică $\alpha = \frac{1}{V_0}\left(\frac{\partial V}{\partial t}\right)_p$, unde V_0 este volumul inițial, iar V — volumul la temperatura t.

Cunoscînd coeficientul β, se pot utiliza și relațiile aproximative $\sigma \approx 2\beta$ și $\alpha \approx 3\sigma$.

La corpurile lichide se disting:

— dilatare reală sau adevărată, la care nu se ține cont și de dilatarea recipientului care conține lichidul; este caracterizată prin coeficientul de dilatare reală γ_r;

— dilatare aparentă, influențată și de dilatarea recipientului care conține lichidul; este caracterizată prin coeficientul de dilatare aparentă γ_a;

Considerînd γ — coeficientul de dilatare al materialului recipientului, cînd temperatura nu variază prea mult, se stabilește relația: $\gamma_r = \gamma_a + \gamma$.

La gaze se poate neglija dilatarea materialului incintei care le conține, comparativ cu dilatarea lor. Variația volumului unui gaz cu temperatura la presiune constantă este $V = V_0(1+\alpha t)$. La gazul perfect $\alpha = \frac{1}{273{,}15}$ [K^{-1}]. Gazele reale și vaporii se abat de la această valoare, mai ales la presiuni ridicate.

La amestecuri de gaze, cînd componenții nu se influențează reciproc, se calculează coeficientul de dilatare după regula amestecurilor: $\gamma = \frac{\Sigma \gamma_i V_i}{V}$, în care: γ_i este coeficientul de dilatare volumică al componentului i din amestec, V_i — volumul unui component i din amestec; V — volumul amestecului.

Coeficientul de **d.t.** al corpurilor solide se determină prin următoarele metode: dilatarea unor bare din corpul studiat; metoda comparatorului; metoda dilatometrului; metoda interferențială.

Coeficientul de **d.t.** al corpurilor lichide se determină fie prin metoda Dulong-Petit, fie prin cea a dilatometrului pentru lichide.

Coeficientul de **d.t.** al unui gaz se determină prin măsurarea directă a volumului de gaz aflat într-un recipient gradat.

DINAMICA GAZELOR. Secțiune a termodinamicii, care se ocupă cu studierea proceselor de curgere a gazelor și vaporilor prin canalele și conductele mașinilor și instalațiilor termice, precum și cu evoluția lor la curgerea prin mașinile termice rotative. Deoarece în timpul curgerii agenții termici efectuează și transformări termodinamice, schimbînd căldură și lucru mecanic cu mediul exterior, studiul acestui proces se face nu numai dinamic, ci și termic, deci termogazodinamic.

DISOCIERE. Scindare reversibilă a moleculelor unor substanțe în molecule mai simple, atomi, radicali liberi sau ioni. Este rezultatul ruperii legăturilor chimice covalente sub acțiunea căldurii, radiațiilor electromagnetice (din domeniul vizibil sau ultraviolet) și de energie înaltă (radioactive: radiațiile α, β, γ, ale razelor X și ale electronilor accelerați), sau a legăturilor electrovalente și coordonative prin dizolvare în solvenți polari sau prin topire.

Desfacerea unei legături covalente, constituită din doi electroni, se poate face în două moduri: ambele fragmente conțin cîte un electron și ruperea se numește homolitică, sau ambii electroni aparțin unui singur fragment și ruperea se numește heterolitică. În primul caz, iau naștere atomi sau radicali liberi, iar în al doilea, ioni sau molecule cu perechi de electroni (dublete) neparticipanți.

Energia legăturilor covalente este cuprinsă între 25 și 110 kcal/mol pentru legăturile simple; ea este mai mare pentru legăturile duble (100—177 kcal/mol) și triple (200—225 kcal/mol). Dacă energia dată unei substanțe este egală cu cea a legăturilor chimice sau mai mare decît a acestora, legăturile se rup, începînd cu cele mai slabe și rezultă produșii de disociere.

După forma sub care este furnizată energia, **d.** pot fi: termice, fotochimice și radiochimice.

D. termică este scindarea reversibilă a unei substanțe în molecule mai simple, atomi sau radicali liberi sub acțiunea energiei termice. În urma ruperii legăturilor covalente, iau naștere inițial atomi sau radicali liberi care sînt instabili; prin reacții de stabilizare (cuplări sau disproporționări, uneori transfer). aceștia se transformă în substanțe stabile. Exemple: disocierea clorurii de amoniu în amoniac și acid clorhidric, a carbonatului de calciu, în oxid de calciu și bioxid de carbon (metodă tehnică de obținere a carbonatului de calciu), a hidrocarburilor saturate (alcanilor) cu formarea unui alcan inferior și a unei alchene (hidrocarburi cu o legătură dublă). În cazul alcanilor inferiori (etan, propan, butan) se formează alchena corespunzătoare și hidrogen (dehidrogenare). Prin **d.** termică, hidrocarburile cu număr mare de atomi de carbon din fracțiunile petroliere mai grele (petrol lampant, motorină, păcură parafinoasă) se transformă în benzine, proces cunoscut sub numele de *cracare termică*. Pentru a scădea temperatura de lucru și a mări proporția de izoalcani și hidrocarburi aromatice care măresc cifra octanică, se utilizează catalizatori (silicați de aluminiu, magneziu, zirconiu); în acest caz, cracarea se numește *catalitică*.

Scanned with OKEN Scanner

D. fotochimică este scindarea reversibilă a unor molecule în molecule mai simple, atomi sau radicali liberi sub acțiunea radiațiilor ultraviolete sau luminoase. Se rup numai acele legături care au energia de disociere egală cu cea a cuantei de lumină. Energia cuantelor din domeniul vizibil este 36—71 kcal/mol și din ultraviolet de 71—160 kcal/mol; deci, majoritatea legăturilor sînt rupte de lumina ultravioletă.

D. electrolitică este scindarea electroliților tari în ioni, prin dizolvare într-un solvent polar (de obicei apă) sau prin topire, sau a acizilor tari și slabi și a bazelor slabe prin reacție cu apa. Soluțiile și topiturile electroliților conduc curentul electric, electricitatea fiind transportată de ioni (conductori de speța a doua). **D.** în soluție poate fi parțială sau totală. Raportul dintre numărul moleculelor disociate și numărul total al moleculelor dizolvate se numește *grad de disociere*. Gradul de disociere depinde de natura electrolitului (tare — complet disociat, slab — parțial disociat), de natura solventului (crește cu mărirea constantei dielectrice a solventului), de concentrație (scade cu mărirea concentrației) la temperatură constantă.

DISPERSIE. Procedeu de răspîndire a particulelor foarte fine dintr-o substanță în masa altei substanțe gazoase, lichide sau solide. **D.** poate fi:

— **atomică** sau **moleculară** (particule cu dimensiuni de ordinul 10^{-10} cm), realizată prin evaporare sau prin dizolvare;

— **coloidală** (particule cu dimensiuni cuprinse între $2 \cdot 10^{-5}$—$5 \cdot 10^{-8}$ cm), realizată prin: dizolvarea unei substanțe coloidale, condensare (aglomerarea moleculelor într-o soluție prin precipitare), descărcări electrice între substanțele care trebuie dispersate (în special metale), procedee mecanice (pulverizare, rostogolire, măcinare coloidală etc.);

— **mecanică** (dimensiuni de ordinul 10^{-4} cm).

Se numesc *curbe de* **d.** acele curbe cu ajutorul cărora se reprezintă răspîndirea fracțiunilor minerale dintr-un corp în alt corp (ex.: sterilul în cărbunii spălați; cărbunii curați în steril etc.). Aceste curbe se folosesc la aprecierea eficacității operațiilor de concentrare a unei soluții, iar pentru trasarea lor trebuie să se cunoască **d.** fiecărei fracțiuni densimetrice a produselor obținute, raportată la cantitatea cu care această fracțiune participă în materialul inițial. Fracțiunile se obțin prin analize densimetrice cu ajutorul unor lichide cu densități diferite. O curbă de **d.** (fig. D.52) se trasează prin unirea mijloacelor laturilor superioare ale dreptunghiurilor, care au ca bază densitatea fracțiunilor, iar ca ordonată, **d.** lor (ex.: cărbune spălat). Curba T_1 este curba de **d.** a cărbunilor, iar T_2 cea a sterilului. La intersecția curbelor

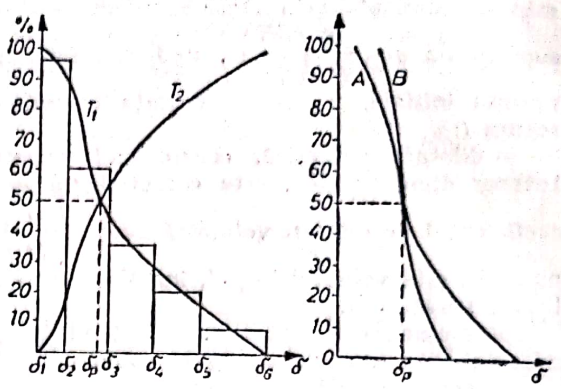


Fig. D.52. Curbe de dispersie

T_1 cu T_2 se obține densitatea de separare ρ, corespunzătoare ordonatei de 50 %. Operația de separare este mai aproape de cea teoretică, cu cît curbele de **d.** sînt mai aproape de verticală. Cu ajutorul curbelor de **d.** (considerate drept curbe de integrare a clopotului erorilor lui Gauss) se obține indicele de eficacitate al separării, notat cu E_p:

$$E_p = \frac{\rho_{25} - \rho_{75}}{2},$$

numit și *ecartul probabil al separării* (ρ_{25} și ρ_{75} sînt densitățile corespunzătoare ordonatei de 25 % și 75 %). Imperfecțiunea separării se obține cu relația:

$$I = \frac{E_p}{\delta_p - \delta},$$

unde δ este densitatea mediului în care se face separarea.

Prin *grad de* **d.** se înțelege suprafața specifică a unui coloid; depinde de diametrul particulelor, fiind cu atît mai mare cu cît acesta este mai mic. Suprafața de 1 cm^3 de substanță în stare coloidală este cuprinsă între $6 \cdot 10^5$—$6 \cdot 10^7$ cm^2. Gradul de **d.** este utilizat în procesele coloidale (ex.: absorbția coloidală, fenomenele optice etc.).

Se numește *mediu de* **d.** faza continuă în care se află răspîndită o fază dispersă. Acest mediu poate fi gazos, lichid sau solid.

D., ca noțiune matematică, reprezintă repartiția unei mulțimi în jurul unei valori tipice a ei, în special în jurul valorii ei medii. Mărimea caracteristică a ei este *coeficientul de variabilitate al lui Pearson*, C_v, egal cu raportul dintre abaterea pătratică medie σ și valoarea medie a ei:

$$C_v = \frac{\sigma}{m}.$$

DISTILARE. Vaporizare parțială a unui lichid, urmată de condensarea vaporilor, fie

pentru a elibera o substanţă de impurităţi nevolatile, fie pentru a concentra componenţii mai volatili din amestecul iniţial.

Prin **d.**, lichidul iniţial se separă într-o fracţiune evaporată şi condensată, numită *distilat* şi într-o fracţiune neevaporată, numită *reziduu.*

Vaporizarea se produce, de obicei, într-un recipient (blază sau alambic), încălzit cu serpentină de vapori, electric sau în alt mod, iar condensarea se produce într-un răcitor. Distilatul se colectează în vase de recepţie. Instalaţia cuprinde şi un separator de picături, precum şi aparate de măsură şi control.

După *valoarea presiunii la care se produce fierberea,* se deosebesc: **d. atmosferică, d. sub presiune** şi **d. în vid.**

După *condiţiile de vaporizare,* se deosebesc: **d. continuă la echilibru** (în care materialul e vaporizat parţial la o temperatură fixă şi se separă continuu într-o fază lichidă şi o fază de vapori, cu compoziţii şi debite constante), **d. fracţionată** (care constă în repetarea operaţiei de mai sus, la temperaturi crescînde) şi **d. în şarjă (simplă),** în care atît temperatura, cît şi compoziţia fazelor variază continuu în timp.

După *condiţiile de condensare,* se deosebesc: **d. totală** şi **d. fracţionată.**

După natura sistemului iniţial, pot exista sisteme total miscibile sau soluţii, sisteme parţial miscibile şi sisteme nemiscibile.

D. Engler este o **d.** de laborator în scopul de a determina comportarea la fierbere a produselor petroliere. Se distilează în condiţii riguros prescrise 100 cm^3 produs şi se citesc temperaturile la care au distilat 10, 20, 30 % ... din cantitatea iniţială (fig. D.53).

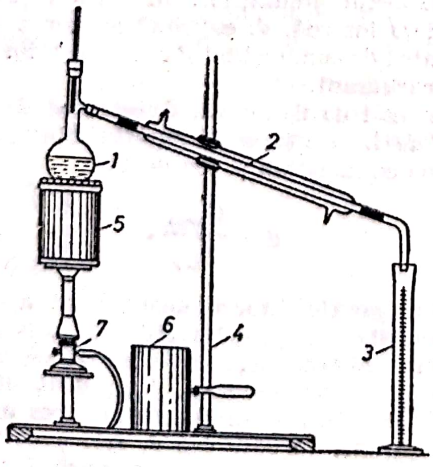


Fig. D.53. Distilare Engler:
1 — balon de distilare, model Engler; *2* — refrigerent; *3* — cilindru gradat; *4* — stativ; *5* — sobă Engler; *6* — manşon pentru balonul de distilare; *7* — bec de încălzire.

D. ASTM este o **d.** de laborator, asemănătoare în principiu cu **d.** Engler, utilizată pentru caracterizarea unui derivat petrolier (fig. D.54).

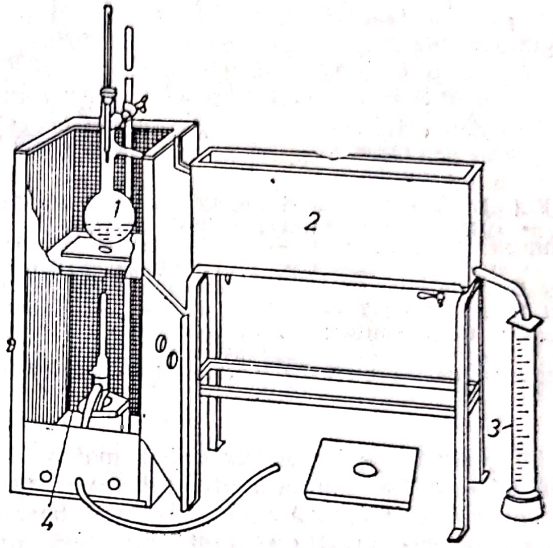


Fig. D.54. Aparat pentru distilare ASTM:
1 — balon de distilare; *2* — refrigerent de cupru; *3* — cilindru gradat; *4* — sobă termos.

D. în vid este o **d.** în timpul căreia se menţine o presiune joasă, sub presiunea atmosferică, în vasul de evaporare, cu scopul de a obţine scăderea temperaturii de fierbere. Se urmăresc trei efecte: degajarea substanţelor termolabile, fracţionarea mai accentuată a componenţilor din amestec, încălzirea uşoară a blazei.

D. azeotropă este **d.** la care este supus un amestec azeotrop, după introducerea unui nou component în amestec.

D. extractivă este **d.** la care se foloseşte ca agent de separare (solvent) o substanţă greu volatilă, care modifică diferenţial volatilităţile componenţilor din amestecul iniţial. Componentul sau componenţii, care după această modificare au volatilitate mai mică, ies în soluţia ce conţine solventul cu fracţiunea grea, la partea inferioară a coloanei. Solventul se adaugă în debit constant pe unul din talerele superioare ale coloanei. Între talerul de alimentare cu solvent şi vîrful coloanei se realizează epuizarea solventului, pentru ca acesta să nu treacă în distilat. Din fracţiunea grea, solventul se separă prin **d.** sau prin rectificare obişnuită.

D. moleculară (fig. D.55) reprezintă un caz particular al **d.** în vid la care presiunea de lucru este atît de joasă, încît drumul liber mijlociu al moleculelor din faza vapori este mai mare decît distanţa dintre evaporator şi condensator. Ca urmare a acestei situaţii, se reduc la un număr neglijabil ciocnirile între moleculele distilatului, precum şi cele dintre ele şi gazul rezidual, rezultînd o serie de condiţii speciale.

Scanned with OKEN Scanner

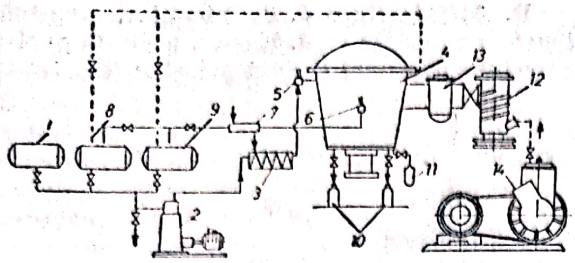


Fig. D.55. Instalație de distilare moleculară: *1* — rezervor de materie primă degazată; *2* — pompă dozatoare; *3* — preîncălzitor electric; *4* — aparat de distilare; *5* — ștuț de alimentare cu termocuplu; *6* — ștuț de ieșire a reziduului, cu termocuplu; *7* — răcitor; *8, 9* — vase de recepție a reziduului; *10, 11* — vase de recepție a distilatului; *12* — pompă cu difuzie; *13* — capcană răcită cu azot lichid; *14* — pompă de vid.

D. primară este un procedeu mai vechi, utilizat la **d.** fracționată a țițeiului, care constă în vaporizarea treptată a acestuia într-o baterie de vaporizare, menținută la temperaturi constante, prin care materia primă trece succesiv.

D. sub presiune este o variantă a diferitelor procedee de **d.**, folosită cînd cel puțin un component al amestecului prelucrat e în fază gazoasă la temperatura și presiunea mediului ambiant. Procedeul, deci și instalația, nu diferă prea mult de cele de la **d.** atmosferică decît prin intercalarea supapelor regulatoare de presiune pe conductele de ieșire a produselor.

D. atmosferică este **d.** efectuată la presiunea mediului ambiant. Instalațiile sînt mai simple, dar folosirea metodei este limitată la prelucrarea acelor amestecuri al căror distilat condensează la o temperatură destul de înaltă ca să poată fi lichefiat prin răcire cu apă industrială și a căror fierbere are loc la o temperatură destul de joasă, astfel încît vaporizatorul să poată fi încălzit cu abur industrial-deșeu și să nu se producă descompunerea sarjei, coroziunea sau îmbîcsirea vaporizatorului.

DISTRIBUITOR. Organ fix din instalația de aprindere a unui motor cu ardere internă care stabilește și întrerupe curentul în circuitul primar, prin acționarea unui ruptor cu contacte.

Piesa principală a **d.** este un rotor fixat pe axul ruptorului (fig. D.56). Lamela metalică a rotorului primește curentul din circuitul secundar al bobinei printr-un contact mobil de cărbune, montat în capacul ruptor-distribuitorului și alimentat de fișa centrală a bobinei. Curentul de înaltă tensiune este distribuit de la un rotor prin contactele înglobate la periferia capacului ruptor-distribuitorului, trecerea făcîndu-se printr-un spațiu disruptiv, rămas între vîrful rotorului care se învîrtește și contactele fișelor de bujii din capac.

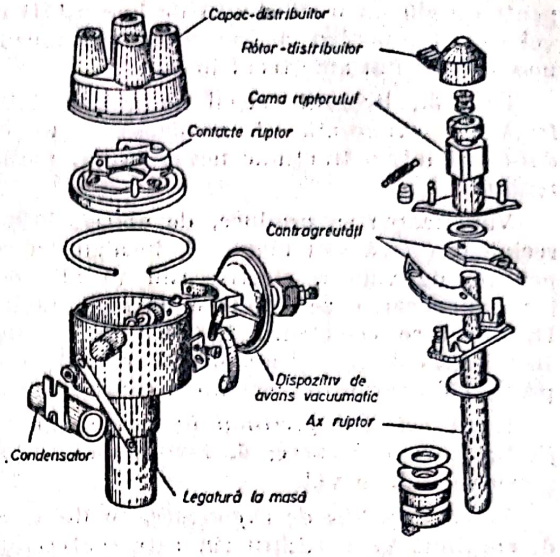


Fig. D.56. Distribuitor; elemente componente

DISTRIBUȚIE. Ansamblul tuturor componentelor care permite umplerea periodică cu fluid de lucru a cilindrului unei mașini termice și evacuarea periodică a fluidului de lucru din acestea (v. Sistem de distribuție).

Uneori, prin **d.** se înțelege și procesul de dirijare a fluidului de lucru către cilindrii mașinii termice.

DISTRIBUȚIE MOLECULARĂ. Mod în care sînt repartizate vitezele și, deci, energiile cinetice ale moleculelor unui gaz. Calcularea funcției de repartiție sau de distribuție a vitezelor și energiilor este problema centrală a teoriei cinetico-moleculare a gazelor [v. Cinetico-moleculară (Teoria)].

DOZAJ. Parametru care apreciază proporțiile dintre diferitele materiale ce intră în compoziția unui amestec, exprimat de obicei prin raportul greutăților. În cazul motoarelor cu ardere internă, **d.** exprimă proporția dintre cantitatea de combustibil și cea de aer din amestecul carburant.

Un mod de definire a **d.** este dat de *coeficientul de* **d.** care exprimă raportul dintre cantitatea de combustibil și cea de aer:

$$d = \frac{G_{comb}}{G_{aer}}.$$

D. este **teoretic** (stoechiometric), atunci cînd unei cantități de combustibil G_{comb} îi corespunde o cantitate strict necesară de aer pentru ca arderea să fie completă. Apar două situații: cantitatea de combustibil este în exces față de cazul teoretic, în care caz **d.** este **bogat**; cantitatea de combustibil este mai mică decît cea din cazul teoretic, în care caz **d.** este **sărac** (în combustibil).

Deoarece coeficientul de **d.** nu exprimă cît de bogat sau sărac este amestecul față de cel

teoretic, s-a introdus *coeficientul de îmbogățire* (δ). Acest coeficient exprimă raportul dintre valoarea coeficientului de **d.** al combustibilului (d) și valoarea coeficientului de dozaj teoretic (d_t) în procente:

$$\delta = \frac{d}{d_t} \cdot 100 \ (\%),$$

arătînd cu cîte procente **d.** este mai bogat sau mai sărac față de cel teoretic. De exemplu, dacă $d_t = 1/15$ și $d = 1/10$, coeficientul de îmbogățire δ este 150 %, adică **d.** este cu 50 % mai bogat decît cel teoretic. Un mod de apreciere a calității amestecului aer-combustibil, permițînd unificarea modului de exprimare și de calcul în domeniul mașinilor și instalațiilor termice, este *coeficientul de exces de aer*. Acesta exprimă raportul dintre cantitatea reală de aer de care dispune 1 kg de combustibil (V_{aer}) pentru ardere și cantitatea teoretică (V_{aer_t}):

$$\lambda = \frac{V_{aer}}{V_{aer_t}}$$ [v. Coeficient de exces de aer].

Toți acești coeficienți sînt reciproci:

$$\delta = \frac{d}{d_t} = \frac{\frac{G_{comb}}{V_{aer}}}{\frac{G_{comb}}{V_{aer_t}}} = \frac{V_{aer_t}}{V_{aer}} = \frac{1}{\lambda}.$$

Exprimarea **d.** în funcție de coeficienții utilizați pentru aprecierea lui, luînd ca bază 1 kg combustibil ($G_{comb} = 1$), este:

$$d = \frac{1}{d'} = \frac{\delta}{V_{aer_t}} = \frac{1}{V_{aer_t}} \cdot \frac{1}{\lambda}.$$

Aceste relații își modifică dependența valorică pe măsura schimbării naturii combustibilului.

La motoarele cu aprindere prin scînteie, proporția de combustibil în aerul ce trece prin sistemul de admisie influențează într-o oarecare măsură umplerea. Influența variației coeficientului de exces de aer λ asupra coeficientului de umplere este arătată în diagrama din fig. D.57 pentru benzină și alcool. Se observă că la **d.** mai bogate (scăderea lui λ), coeficientul de umplere crește ușor. Acest lucru se explică astfel: o dată cu îmbogățirea **d.**, crește cantitatea de combustibil lichid care se vaporizează în colectorul de admisie, intensificînd astfel efectul de răcire a încărcăturii proaspete, produs de vaporizarea combustibilului și crește, deci, greutatea încărcăturii proaspete ce ajunge în cilindru. Deci, valoarea coeficientului de umplere crește.

DURITATEA APEI. Conținutul de ioni de calciu și de magneziu aflat într-un volum dat de apă. În funcție de anionii de care sînt legați acești ioni **d.a.** poate fi: temporară (constituită din bicarbonați), permanentă (formată de celelalte săruri de calciu și magneziu: sulfați, cloruri, azotați etc.) și totală, care reprezintă suma celor două durități.

Duritatea temporară are drept componenți importanți sărurile ce se descompun termic. De exemplu, bicarbonatul de calciu are o reacție monomoleculară, dependentă de temperatură, de forma:

$$Ca(HCO_3)_2 \rightarrow CaCO_3 + CO_2 + H_2O.$$

Reacția este influențată de viteza de deplasare a fluidului, iar fierberea violentă o accelerează. În fig. D.58 se indică dependența de temperatură a duratei de descompunere. Carbonatul de calciu rezultat are o solubilitate redusă (la 120°C sub 0,25 mval/l, crescînd puțin cu temperatura). De aceea, el se prezintă sub formă de crustă cu aspect spongios în zonele mai reci ale instalațiilor termice (ex.: economizorul cazanului, preîncălzitoarele de înaltă presiune etc.) și sub formă de nămol în zonele mai calde (tamburul cazanului). Bicarbonatul de magneziu se descompune în același fel, însă timpul de descompunere, la aceeași temperatură, este dublu față de cel necesitat de bicarbonatul de calciu. În finalul reacției, se obține

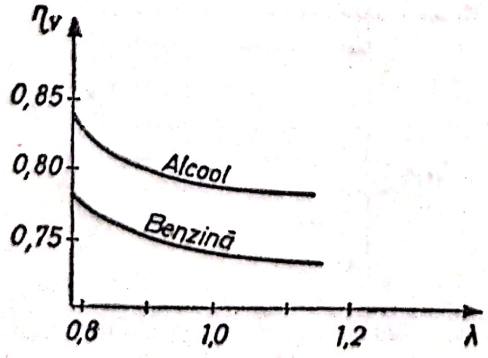


Fig. D.57. Influența coeficientului de exces de aer asupra coeficientului de umplere.

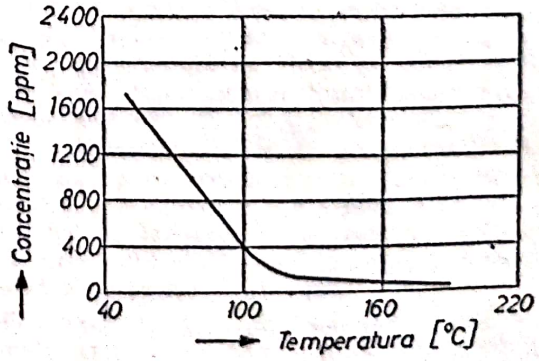


Fig. D.58. Variația concentrației carbonaților de calciu în funcție de temperatură.

hidroxid de magneziu care este foarte puțin solubil în apă (5 ppm la 100°C):

$$Mg(HCO_3)_2 \rightarrow MgCO_3 + CO_2 + H_2O;$$

$$MgCO_3 + H_2O \rightarrow Mg(OH)_2 + CO_2;$$

$$Mg(HCO_3)_2 \rightarrow Mg(OH)_2 + 2CO_2.$$

Duritatea permanentă are drept component important sulfatul de calciu a cărui solubilitate descreşte cu temperatura. Sulfatul de calciu formează cruste foarte dure şi foarte aderente, de preferinţă în zonele calde. Un alt component, sulfatul de magneziu, are o solubilitate mare chiar la temperaturi ridicate şi, de aceea, depunerea lui nu este posibilă în condiţiile din cazanele mari. Ceilalţi componenţi ai durităţii permanente ($CaCl_2$; $MgCl_2$) au, de asemenea solubilităţi ridicate. În schimb, ionii de Ca şi Mg, proveniţi din disocierea lor, se pot combina cu silicea, producînd silicaţi de calciu şi magneziu. Crustele de silicaţi, formate de obicei în zonele de schimbare a fazei, sînt foarte compacte şi aderente şi au conductivităţi termice foarte scăzute.

Unitatea de măsură a durităţii este *gradul de duritate al apei* a cărui definire este deosebită în funcţie de ţară. În România, gradul de duritate (°d) reprezintă echivalentul a 10 mg·CaO/l. Se mai poate folosi şi *greutatea echivalentă* (mval/l) (1 mval/1 corespunzînd la 28 ppm CaO). Relaţia de echivalenţă între cele două unităţi de măsură este 1 mval/l=2,8°d.

DUZĂ (v. A j u t a j).

E

ECHICURENT. Deplasare a două sau a mai multor fluide în același sens în care timp ele pot realiza un schimb de masă sau căldură, influențîndu-și reciproc mărimile de stare fie prin contact direct, fie printr-o suprafață despărțitoare.

Direcția de deplasare a agenților termici reprezintă unul din criteriile principale de clasificare a schimbătoarelor de căldură, deosebindu-se aparate în e., contracurent, curent încrucișat sau în curent mixt. În fig. E.1 se prezintă un schimbător de căldură tubular în e., iar în fig. E.2 este arătată variația temperaturii agenților termici în acest schimbător de căldură.

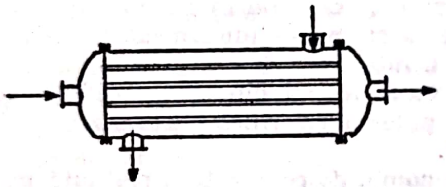


Fig. E.1. Schimbător de căldură tubular în echicurent.

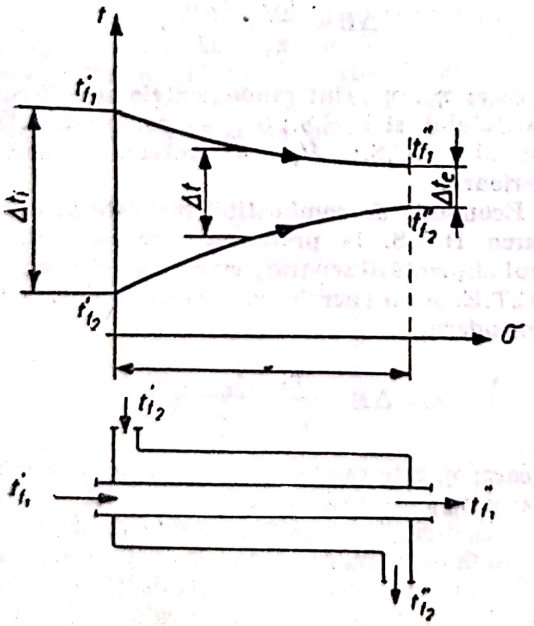


Fig. E.2. Variația temperaturilor fluidelor în schimbătorul de căldură în echicurent:

$$\Delta t_{med} = \frac{\Delta t_i - \Delta t_e}{\ln(\Delta t_i / \Delta t_e)};$$

ECONOMIE DE ENERGIE. Modalitate de obținere a energiei prin folosirea rațională a resurselor energetice. Folosirea rațională a energiei preocupă toate sectoarele de activitate, începînd cu producătorii și distribuitorii energiei și terminînd cu consumatorii acesteia. Gospodărirea rațională a energiei are următoarele efecte: conservă resursele de energie primară (care sînt limitate); reduce investițiile și cheltuielile de exploatare pentru instalațiile de extracție a energiei primare și de transformare a acesteia în alte forme de energie sau la alți parametrii, precum și pentru instalațiile de transport și distribuție a combustibililor, energiei electrice și termice; reduce costul producției industriale, mai ales în cazul industriilor energo-intensive, unde cheltuielile pentru energie au o pondere importantă în cheltuielile totale. Reducerea consumului, respectiv creșterea eficienței utilizării energiei trebuie să aibă în vedere toate stadiile alimentării cu energie, de la sursa de energie primară pînă la consumator.

Economia în faza de conversie a energiei. Faza de conversie a energiei se caracterizează prin valori reduse ale randamentelor energetice atît ca valori nominale, cît și ca valori medii anuale (ex.: randamentul producerii energiei electrice este sub 25—30 %). Economia de resurse energetice primare se poate realiza în această fază prin: creșterea eficienței proceselor individuale de conversie a energiei; combinarea proceselor de conversie a energiei cu procese de utilizare multiplă (termoficarea); recuperarea resurselor energetice secundare.

Economia în faza de transport a energiei se realizează prin alegerea corespunzătoare a agentului energetic de transport (energie electrică, apă caldă, apă fierbinte, aer comprimat

etc.) și a parametrilor acestuia, precum și prin reducerea pierderilor la transport.

Economia în faza de consum a energiei are cel mai mare efect de conservare a energiei: se economisește nu numai echivalentul său în energie primară, ci și o cantitate suplimentară care se pierde în procesul de conversie și de transport al ei. Se poate realiza prin: ameliorarea randamentelor de utilizare a energiei pentru fiecare proces și agregat în parte; înlocuirea agregatelor, proceselor sau tehnologiilor vechi, necorespunzătoare din punct de vedere energetic; utilizarea resurselor energetice secundare în cadrul proceselor tehnologice din care provin sau în afara acestora în scopuri energetice (producerea de energie electrică sau termică).

Economia de combustibil realizată prin termoficare se datorește pe de o parte randamentului superior al ciclului termic, producător combinat de energie termică și electrică, iar pe de altă parte, faptului că producerea căldurii în cazanele mari ale centralelor electrice de termoficare (CET) se face cu randamente de obicei superioare față de cele ale instalațiilor individuale sau ale centralelor termice mici sau medii. Economia de combustibil realizată prin termoficare se determină ca diferență dintre consumul de combustibil în CET și cel în instalațiile de producere separată (CTE și CT):

$$\Delta B = B_{CET} - (B_{CTE} + B_{CT}) \quad [\text{kg/m}].$$

În cazul cel mai complex, al unei CET echipată cu grupuri cu condensație și prize reglabile, prin explicitarea termenilor din relația anterioară, economia de combustibil realizată prin termoficare este:

$$\Delta B = E_T(b_{CTE}) - b_T + \frac{10^6 Q}{H_i}\left(\frac{\eta_{rt}}{\eta_{CT}} - \frac{1}{\eta_c}\right) + E_{cd}(b_{cd} - b_{CTE}) + \Delta E \cdot b_{CTE},$$

unde: E_T, E_{cd} reprezintă energia electrică produsă în termoficare, respectiv în condensație de grupurile de termoficare [kW sau kWh/an]; b_T, b_{cd} — consumul specific de combustibil pentru producerea energiei electrice în termoficare, respectiv în condensație de grupurile de termoficare [kg·c.c./kWh]; b_{CTE} — consumul specific pentru producerea energiei electrice în centralele cu condensație din sistem [kg·c.c./kWh]; Q — cantitatea de căldură livrată de centrala electrică de termoficare [GW sau GJ/an]; H_i — puterea calorifică inferioară a combustibilului convențional [kJ/kg·c.c.]; η_{rt} — randamentul rețelei de termoficare; η_c, η_{CT} — randamentele cazanelor în care este produsă căldura în CET, respectiv în CT; ΔE — pierderile de energie electrică la transport din CET la centrul de consum [kW sau kWh/an].

Principala economie de combustibil se obține pe baza energiei produse în termoficare, diferența de consum specific ($b_{CTE} - b_T$) având valori de cca 0,157—0,185 kg·cc/kWh. Exprimate în unități practice, aceste economii sînt de 50—100 kg·cc. pentru o gigacalorie livrată (pentru CET moderne, cu indici de transformare $y = 250—550$ kWh/Gcal). Energia produsă în condensație de grupurile de termoficare reduce economia de combustibil realizată prin termoficare cu cca 0,042—0,071 kg·cc. pentru fiecare kWh produs, din cauza randamentelor părților de condensație ale grupurilor de termoficare care sînt mai mici decît cele ale actualelor grupuri de condensație din sistem, cu puteri unitare mari, presiuni inițiale ridicate și supraîncălzire intermediară.

Economia de combustibil datorată utilizării resurselor energetice secundare (R.E.S.) depinde ca mărime de tipul R.E.S. și de direcția de utilizare a lor.

Economia de combustibil realizată, prin utilizarea R.E.S., pentru preîncălzirea aerului:

$$\Delta B = \frac{\eta_{Pa}}{\eta_a} \cdot \frac{Q_g - Q_e}{H_i},$$

în care: η_{Pa} este randamentul preîncălzitorului de aer; η_a — randamentul arderii; Q_g, Q_e — debitele termice ale R.E.S. la intrarea, respectiv la ieșirea din preîncălzitorul de aer; H_i — puterea calorifică inferioară a combustibilului.

Economia de combustibil realizată prin utilizarea R.E.S. în loc de combustibil tehnologic:

$$\Delta B = \frac{\eta_{ar}}{\eta_a} \cdot \frac{Q_{res}}{H_i},$$

în care: η_a, η_{ar} sînt randamentele arderii combustibilului și R.E.S.; Q_{res} — potențialul termic al R.E.S.; H_i — puterea calorifică inferioară.

Economia de combustibil realizată prin utilizarea R.E.S. la producerea de căldură, în cazul alimentării separate cu energie electrică de la C.T.E. și cu energie termică de la C.T. a întreprinderii:

$$\Delta B = \frac{\eta_r}{\eta_{CT}} \cdot \frac{Q_{res}}{H_i} \chi_c,$$

în care: η_r este randamentul instalației de recuperare; η_{CT} — randamentul centralei termice; χ_c — coeficientul care ține seama de modificarea randamentului cazanelor din C.T. cu sarcina.

Economia de combustibil realizată prin utilizarea R.E.S. la producerea de căldură în cazul alimentării prin termoficare a întreprinderii:

$$\Delta B = \frac{\eta_r}{\eta_c} \cdot \frac{Q_{res}}{H_i} [1 - y(q'_{CET} - q'_T)],$$

Scanned with OKEN Scanner

în care: η_e este randamentul cazanelor din CET; y — indicele de termoficare al turbinei din CET; q'_{CET}, q'_T — consumurile specifice de căldură pentru producerea energiei electrice în condensație, respectiv în termoficare, calculate fără a ține seama de randamentul cazanelor de abur.

Economia de combustibil realizată prin utilizarea R.E.S. la producerea de energie electrică:

$$\Delta B = \frac{\eta_{cr} \cdot \eta'_{tt} \cdot \eta'_i \cdot \eta'_m \cdot \eta'_g}{\eta_c \cdot \eta_{tt} \cdot \eta_t \cdot \eta_m \cdot \eta_g} \cdot \frac{Q_{res}}{H_t},$$

în care: η_{cr} este randamentul cazanului recuperator; η_c — randamentul cazanului energetic; η_{tt}, η_t, η_m, η_g și η'_{tt}, η'_i, η'_m, η'_g, sînt: randamentul termic teoretic al ciclului, randamentul intern mecanic al turbinei și randamentul generatorului electric pentru instalația înlocuită, respectiv pentru instalația recuperatoare.

ECONOMIZOR (Sin.: **Preîncălzitor de apă**). Parte din instalația cazanelor de abur în care se preîncălzește apa. Utilizarea gazelor de ardere după serpentinele vaporizatoare sau după supraîncălzitoarele de abur duce la o scădere a consumului orar de combustibil. Economia de combustibil rezultată a făcut ca această parte a cazanelor de abur să poarte denumirea de **e.** În funcție de limita de încălzire a apei, **e.** se clasifică în următoarele două tipuri: **e. nefierbătoare** în care apa se preîncălzește pînă la o temperatură mai mică cu 20—50 grd decît temperatura de saturație a apei corespunzătoare presiunii din tambur și **e. fierbătoare** în care apa nu numai că se încălzește pînă la temperatura de saturație (fierbere), dar în el se și formează 5—15% din debitul de abur al cazanului. În fig. E.3. se prezintă schema de

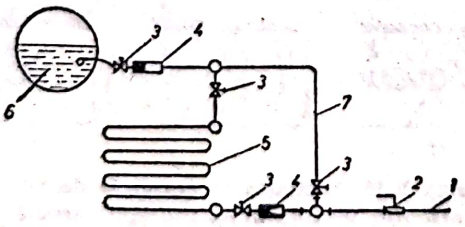


Fig. E.3. Schema de montaj a unui economizor nefierbător:
1 — conductă de alimentare; *2* — robinet de reglare; *3* — robinet de închidere; *4* — supapă de reținere; *5* — economizor; *6* — tambur; *7* — conductă de ocolire.

montaj a unui **e.** nefierbător, cu conductă de ocolire (by-pass), din care se alimentează cazanul la pornire sau în caz de avarie. În fig. E.4 este prezentată schema unui **e.** fierbător, ocolirea

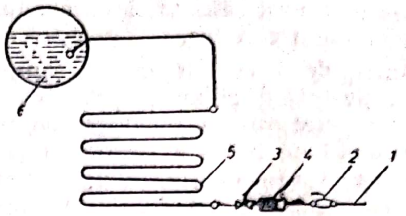


Fig. E.4. Schema de montaj a unui economizor fierbător:
1 — conductă de alimentare; *2* — robinet de reglare; *3* — robinet de închidere; *4* — supapă de reținere; *5*— economizor; *6* — tambur.

la pornire făcîndu-se pe partea de gaze de ardere.

E. sînt construite din țevi de oțel carbon, netede, cu nervuri sau cu aripioare. Cele cu țevi netede se prezintă sub formă de serpentine, cu raza de curbură $R > d_e$ (fig. E.5), așezate în coridor sau în eșichier (fig. E.6). Serpentinele sînt legate la ambele capete cu cîte un colector, prinderea țevii serpentinei la colectoare făcîndu-se prin mandrinare pentru cazanele de joasă și medie presiune și prin sudură, pentru cazanele de înaltă presiune. Serpentinele **e.** sînt susținute cu suporturi confecționate din profile metalice cu structura de rezistență a cazanului.

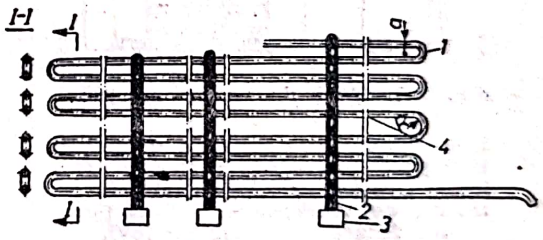


Fig. E.5. Serpentină de economizor:
1 — serpentină; *2* — suport; *3* — grindă; *4* — zone de sudură.

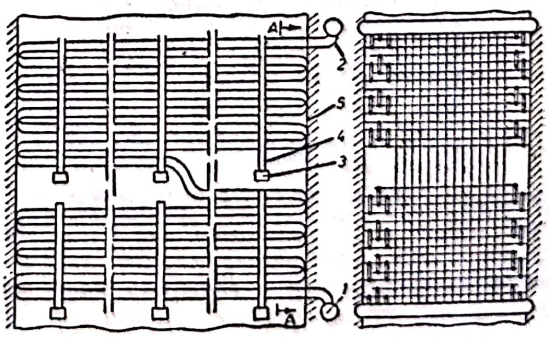


Fig. E.6. Schema unui economizor cu serpentine dispuse în eșichier:
1, 2 — colectoare de intrare și ieșire a apei; *3* — grindă cheson; *4* — suport; *5* — serpentină.

ECRAN DE RADIAȚIE. Fascicul de țevi, montat pe pereții interiori ai focarului unui cazan de abur, care constituie suprafața de încălzire prin radiație. Se mai definește și ca perete sau

Scanned with OKEN Scanner

înveliș pentru protecția unui corp împotriva acțiunii radiației termice.

Ecranele de țevi micșorează temperatura în focar, protejînd zidăria; prin țevi circulă apă la temperatura de saturație corespunzătoare presiunii de lucru a cazanului și vapori saturați umezi sau supraîncălziți. Țevile fierbătoare de ecran sînt netede, nervurate sau cu ace. Ele se pot îmbrăca în plăci din materiale termorezistente și cu conductivitate termică ridicată, tip Bailey (fig. E.7), care pot fi simple,

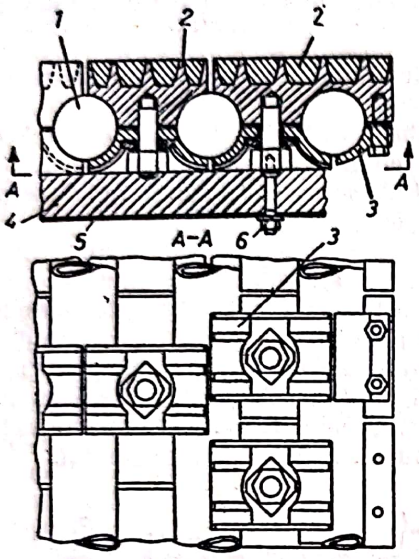


Fig. E.7. Țevi de cazan cu plăci Bailey:
1 — țeavă de cazan; *2* — placă Bailey; *3* — contraplacă; *4* — izolație termică a focarului; *5* — manta de tablă; *6* — bulon pentru fixarea plăcilor pe țevi.

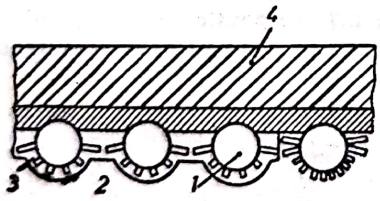


Fig. E.8. Țevi de cazan placate cu șamotă (secțiune transversală):
1 — țeavă de ecran; *2* — corp sudat; *3* — șamotă; *4* — zidăria focarului.

placate cu șamotă sau carborund. Dacă evacuarea zgurii se face în stare lichidă, plăcile Bailey se pot înlocui cu plăci de șamotă, puse pe țevi și cu cepuri metalice sudate la exterior (fig. E.8). La focarele cazanelor sub presiune, țevile ecran sînt așezate compact și sudate între ele, constituind peretele etanș al focarului. La cazanele cu circulație naturală, **e. de r.**, care alcătuiesc circuitul principal de vaporizare al sistemului fierbător, îmbracă în întregime suprafața interioară a pereților focarului. Focarele mari au ecrane de țevi paralele cu axele arzătoarelor frontale, iar cazanele cu circulație forțată au ecranele focarului formate din una sau mai multe serpentine, care îmbracă complet suprafața interioară a pereților focarului. Ecranele de țevi de supraîncălzitor sînt formate din țevi netede, alcătuind părți independente sau care se intercalează între ecranele de țevi fierbătoare (fig. E.9).

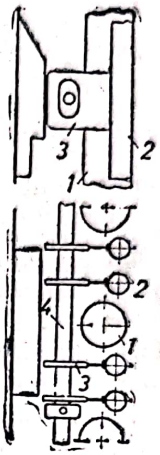


Fig. E.9. Ecran cu țevi fierbătoare supraîncălzitoare:
1 — țeavă fierbătoare; *2* — țeavă supraîncălzitoare; *3* — plăcuță de suspendare; *4* — bară de susținere.

La ecranele de țevi formate din rînduri de țevi cu diametrul exterior d, cu distanța dintre axele țevilor t și cu sistemul de așezare din fig. E.10, pentru calculul fluxului termic primit

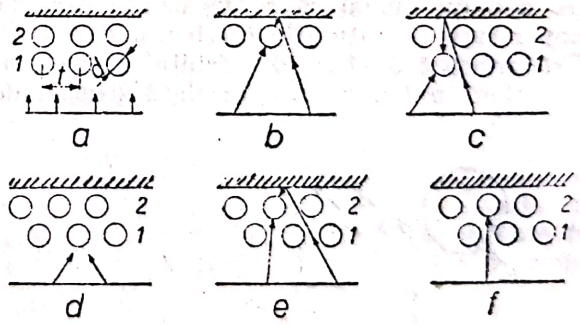


Fig. E.10. Radiația la ecranele de țevi:
a — radiație totală; *b* — radiație directă și indirectă; *c* — rîndul 1 de țevi — radiație directă și indirectă; *d* — rîndul 1 de țevi — radiație directă; *e* — rîndul 2 de țevi — radiație directă și indirectă; *f* — rîndul 2 de țevi — radiație directă.

de la focar se determină coeficientul de negreală e_3 al ecranului de țevi cu ajutorul diagramei din fig. E.11 și apoi se calculează C_{12}, utilizînd diagrame și tabele corespunzătoare cazului ales.

E. de r. între două plăci paralele (fig. E.12) determină reducerea fluxului termic schimbat

Scanned with OKEN Scanner

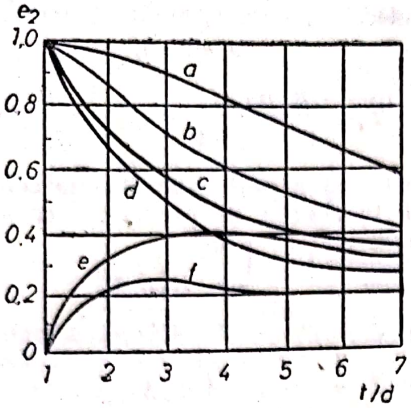


Fig. E.11. Determinarea coeficientului de negreală al ecranului de țevi, conform cazurilor de radiație din fig. E.10.

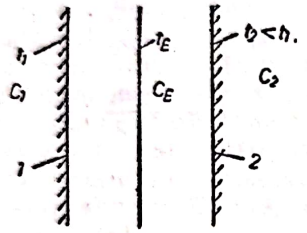


Fig. E.12. Plăci paralele cu ecran de radiație.

între ele. Notînd e_1, e_2, e_E — factorii energetici de emisie ai celor două plăci și ai ecranului; C_1, C_2, C_E — coeficienții de radiație ai plăcilor și ai ecranului; C_{1E} și C_{E2} — coeficienții mutuali de radiație între placa *1* și ecran, respectiv între ecran și placa *2*, se obține fluxul termic schimbat prin radiații între placa *1* și ecran:

$$q_{1E}=C_{1E}\left[\left(\frac{T_1}{100}\right)^4-\left(\frac{T_E}{100}\right)^4\right] \quad [\mathrm{W/m^2}]$$

și între ecran și placa *2*:

$$q_{E2}=C_{E2}\left[\left(\frac{T_E}{100}\right)^4-\left(\frac{T_2}{100}\right)^4\right] \quad [\mathrm{W/m^2}],$$

în care:

$$C_{1E}=\frac{C_0}{\frac{1}{e_1}+\frac{1}{e_E}-1};$$

$$C_{E2}=\frac{C_0}{\frac{1}{e_E}+\frac{1}{e_2}-1} \quad [\mathrm{W/m^2\cdot K^4}],$$

C_0 fiind coeficientul de radiație al corpului negru absolut. Sistemul fiind în echilibru, $q_{1E}=q_{E2}$, se poate calcula T_E și de aici fluxul termic schimbat prin radiație între cele două plăci în prezența ecranului de radiație:

$$q_{12}^{E}=\frac{C_{1E}C_{E2}}{C_{1E}+C_{E2}}\left[\left(\frac{T_1}{100}\right)^4-\left(\frac{T_2}{100}\right)^4\right] \quad [\mathrm{W/m^2}].$$

Dacă între cele două plăci se introduc n ecrane identice cu $C_1=C_{1E}=C_{E2}=\ldots=C_{en}=C_2$ se obține:

$$q_{12}^{nE}=\frac{q_{12}}{n+1} \quad [\mathrm{W/m^2}],$$

unde: q_{12} este fluxul termic schimbat prin radiație între cele două plăci în absența ecranelor de radiație.

E. de r. intercalat între un corp solid de o formă oarecare și suprafața care îl înconjoară (fig. E.13). Se notează în plus față de cazul anterior cu S_1, S_2, S_E — suprafețele celor două corpuri și a ecranului; ecranul are pe ambele fețe același factor energetic de emisie. Atunci:

$$Q_{12}^{E}=\frac{S_1S_EC_{1E}C_{E2}}{S_1C_{1E}+S_EC_{E2}}\left[\left(\frac{T_1}{100}\right)^4-\left(\frac{T_2}{100}\right)^4\right] \quad [\mathrm{W}],$$

în care:

$$\frac{1}{S_1C_{1E}}=\frac{1}{S_1C_1}+\frac{1}{S_E}\left(\frac{1}{C_E}-\frac{1}{C_0}\right);$$

$$\frac{1}{S_EC_{E2}}=\frac{1}{S_EC_E}+\frac{1}{S_2}\left(\frac{1}{C_2}-\frac{1}{C_0}\right);$$

în acest caz $Q_{12}^{E}<Q_{12}$.

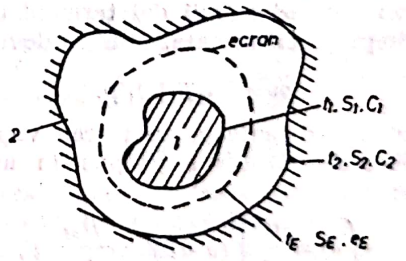


Fig. E.13. Ecran intercalat între un corp solid de formă oarecare și suprafața care îl înconjoară.

ECUAȚIE DE STARE. Relație analitică între variabilele independente și restul mărimilor care definesc starea unui sistem. Starea unui sistem poate fi definită prin proprietățile termofizice ale lui; astfel pentru o temperatură și presiune dată, o cantitate de apă ocupă un anumit volum, are o căldură specifică, o viscozitate, o energie internă, o entalpie etc. Experimental, rezultă că nu este necesar să se precizeze toate mărimile termofizice ale unui sistem pentru a se defini starea lui, ci este suficient să se stabilească numai anumite mărimi, denumite variabile independente, celelalte fiind funcții de acestea.

Scanned with OKEN Scanner

Dacă, în particular, se urmărește să se definească starea fizică a unui gaz prin variabilele p, v, T, forma generală a **e. de s.** a acestuia este: $f(p, v, T)=0$.

Pentru a prezenta o formă concretă a **e. de s.** trebuie găsită o relație analitică care să descrie comportarea exactă a sistemului. Astfel, pentru gaze la temperaturi ridicate și presiuni scăzute (gaze perfecte) se poate aplica o ecuație simplă de stare (valabilă numai pentru gazele perfecte), care reprezintă un caz limită al gazelor reale existente în natură. Forma acestei ecuații este:

$$pv=\frac{R_M}{M}T,$$

în care R_M este constanta universală a gazelor 8 314,7 [J/kmol·K], iar M — masa molară [kg/kmol].

O. Kamerlingh a recurs în anul 1901 la dezvoltarea în serie de puteri a volumului, expresia **e. de s.** a gazelor obținută devenind:

$$pv=A+\frac{B}{v}+\frac{C}{v^2}+\frac{D}{v^3},$$

în care fiecare din coeficienții A, B, C, D, . . sînt funcții de temperatură (coeficienți viriali)

Ecuația poate fi exprimată și ca o serie de puteri pozitive ale presiunii:

$$pv=R_MT+B'p+C'p^2+D'p^3+\ldots$$

Ecuațiile de mai sus poartă denumirea de *ecuații viriale.*

La presiuni scăzute, este suficient să se considere numai primii doi termeni din membrul drept și, ca urmare, ecuația devine:

$$pv=R_MT+B'p.$$

Pentru a descrie comportarea vaporilor de apă, *Van der Waals* a propus în anul 1873 ecuația:

$$\left(p+\frac{a}{v^2}\right)(v-b)=\frac{R_M}{M}T,$$

în care, față de ecuația gazelor perfecte, presiunea este corectată cu termenul $\frac{a}{v^2}$, corespunzător presiunii de coeziune, iar volumul, cu termenul b, corespunzător volumului propriu al particulelor, numit covolum. Constantele a și b depind de natura gazului. Prin anularea primelor două derivate parțiale ale presiunii în raport cu volumul pentru o transformare la T=constant, rezultă:

$$\left(\frac{\partial p}{\partial v}\right)_T=-\frac{R_M\cdot T}{M(v-b)^2}+\frac{2\cdot a}{v^3}=0;$$

$$\left(\frac{\partial^2 p}{\partial v^2}\right)_T=\frac{2\cdot R_MT}{M(v-b)^3}-\frac{6\cdot a}{v^4}=0,$$

de unde:

$$v_k=3\cdot b;$$

$$T_k=\frac{8\cdot a\cdot M}{27\cdot R_M\cdot b}\quad\text{și}\quad p_k=\frac{a}{27\cdot b^2},$$

expresii care permit determinarea constantelor a și b în funcție de parametrii critici p_k, v_k și T_k:

$$a=\frac{27}{64}\cdot\frac{R_M^2\cdot T_k^2}{M^2\cdot p_k};$$

$$b=\frac{R_M\cdot T_k}{M\cdot 8\cdot p_k}.$$

Prin înlocuirea constantelor a și b în ecuația Van der Waals și introducînd notațiile:

$$p_r=\frac{p}{p_k};$$

$$v_r=\frac{v_k}{v};$$

$$T_r=\frac{T}{T_k},$$

rezultă:

$$\left(p_r+\frac{3}{v_r^2}\right)(3\cdot v_r-1)=\frac{8}{T_r}.$$

Ecuația este numită *ecuația stărilor corespondente* și caracterizează comportarea oricărui gaz real.

S-au propus și alte ecuații pentru gazul real și anume:

— *Dieterici* (*1899*): $p(v-b)=R\cdot T\cdot\exp(-a/R\cdot T\cdot v)$;

— *Berthelot* (*1907*): $\left(p+\frac{a}{T\cdot v^2}\right)(v-b)=R\cdot T$;

— *Wohl* (*1914*): $p=\frac{R\cdot T}{v-b}-\frac{a}{v(v-b)}+\frac{C}{v^3}$;

— *Keyes* (*1917*): $p=\frac{R\cdot T}{v-\delta}-\frac{A}{(v-l)^2}$,

în care: $\delta=\beta\cdot\exp(-\alpha/v)$, α, β, A, l fiind constante empirice;

— *Beattie-Bridgeman* (*1928*):

$$pv=R\cdot T\left(1-\frac{C}{v\cdot T^3}\right)\left[1+\frac{B_0}{v}\cdot\left(1-\frac{b}{v}\right)\right]-\frac{A_0}{v}\left(1-\frac{a}{v}\right);$$

— *Beattie* (*1930*):

$$V=(\pi+B)(1-\varepsilon)-\frac{A}{R\cdot T};$$

Scanned with OKEN Scanner

— *Benedict, Webb și Rubin (1940—1942)*:

$$p=\frac{R\cdot T}{v}+\left(B_0\cdot R\cdot T-A_0-\frac{C_0}{T^2}\right)\frac{1}{v^2}+$$

$$+(b\cdot R\cdot T-a)\frac{1}{v^3}+\frac{a^2}{v^6}+$$

$$+\frac{C}{T^2\cdot v^2}\left(1+\frac{a}{v^2}\right)\exp\left(-\frac{a}{v^2}\right).$$

Pentru *stabilirea valabilității unei* e. de s. sînt necesare următoarele condiții:

1. pentru $p\to 0$, ecuația trebuie să se reducă la forma ecuației gazelor perfecte:

$$pv=\frac{R_M\cdot T}{M};$$

2. în punctul critic prima și a doua derivată parțială a presiunii în raport cu volumul, de-a lungul unei izoterme, trebuie să fie nule;

3. coeficientul unghiular al curbei, reprezentînd variația produsului pv în funcție de presiune, care este nul pentru gazul perfect, poate să fie pozitiv sau negativ, anulîndu-se pentru o singură temperatură, numită temperatură Boyle;

4. într-o diagramă p-T, izocorele trebuie să reprezinte linii drepte.

EFECT ELECTROCALORIC. Dezvoltarea unei cantități de căldură de către un conductor prin care trece curentul electric.

Se produce **e.e. reversibil,** cînd căldura dezvoltată în unitatea de timp este proporțională cu intensitatea curentului, schimbîndu-și sensul odată cu acesta și **e. e. ireversibil,** cînd căldura dezvoltată în unitatea de timp este proporțională cu pătratul intensității, fiind mereu pozitivă.

Echivalentul în lucru mecanic al transformării de energie în conductoarele parcurse de curent electric (din energie electromagnetică în alte forme de energie) se numește *lucru de conducție.* În cazul efectului electrocaloric, lucrul de conducție efectuat de cîmp asupra condutoarelor este transmis de acestea mediului sub formă de căldură.

Dintre **e.e.** reversibile fac parte efectul Péltier și efectul Thomson.

Efectul Péltier constă în dezvoltarea sau absorbția de căldură care se produce la joncțiunea a două solide conductoare sau semiconductoare, cînd aceasta este traversată de un curent electric. Pentru contactul a două corpuri A și B cantitatea de căldură Q schimbată în unitatea de timp (pozitivă sau negativă, după cum este absorbită sau cedată de joncțiune) este:

$Q=\pi_{AB}\cdot I$, cînd sensul curentului este $A\to B$;

$Q=\pi_{BA}\cdot I$, cînd sensul curentului este $B\to A$.

În aceste relații, I este intensitatea curentului, iar π_{AB} și π_{BA} — *coeficienții Péltier,* care depind de material și sînt practic independenți de curent. Efectul Péltier este reversibil în sensul că $\pi_{AB}=\pi_{BA}$. Ca și ceilalți coeficienți electrocalorici, coeficienții Péltier sînt mult mai mari la semiconductori decît la metale. Pe baza acestui efect se construiesc refrigeratoare termoelectrice. Efectul Péltier se explică prin faptul că, după cum rezultă din teoria electronică a metalelor și semiconductoarelor, capacitatea calorifică a gazului electronic, format din electroni cvasiliberi dintr-un corp, depinde de natura sa chimică. Trecînd deci din A în B, electronii trebuie să absoarbă sau să cedeze energie, ca de exemplu moleculele unei substanțe, în momentul cînd trec dintr-o stare de agregare în alta (topire, vaporizare etc.). Microscopic, efectul Péltier este asociat existenței unui cîmp electric imprimat voltaic, respectiv unei tensiuni electromotoare voltaice, în joncțiune.

Efectul Thomson constă dintr-un schimb suplimentar de căldură între un conductor (sau semiconductor) și mediul ambiant, atunci cînd primul este parcurs de un curent electric și nu are aceeași temperatură în toate punctele lui. În aceste condiții, corpul solid schimbă energie cu mediul sub formă de căldură.

Ca **e.e.** ireversibil, se întîlnește efectul Joule-Lenz, care constă în dezvoltarea ireversibilă de căldură în conductoarele electrice parcurse de curent electric de conducție, puterea instantanee P dezvoltată într-un circuit de rezistență R, parcurs de curentul I, fiind proporțională cu pătratul intensității instantanee a curentului. În curent continuu, puterea este: $P=R\cdot I^2$ [W], iar căldura dezvoltată în timpul τ de curentul constant I este:

$$Q=R\cdot I^2\cdot\tau\ [\mathrm{J}].$$

În regim periodic (sinusoidal sau nesinusoidal) de variație a intensității, expresiile precedente se mențin, dacă se înțelege prin P puterea activă (media pe un număr întreg de perioade a puterii instantanee, dezvoltată sub formă de căldură), prin Q, căldura dezvoltată în intervalul de timp τ, considerat ca multiplu întreg al perioadei și prin I, valoarea efectivă a intensității curentului electric.

EJECTOR. Aparat fără organe în mișcare în care un fluid este comprimat sau accelerat prin acțiunea unui jet de fluid activ. În unele cazuri, se mai folosesc și termenii: *compresor cu jet* sau *eductor.*

Schema unui e. cuprinde trei părți principale (fig. E.14): ajutajul fluidului motor (activ), destinat să accelereze fluidul activ; camera de amestec în care se realizează și schimbul de impuls între cele două fluide; difuzorul în care se obține creșterea presiunii statice pe seama micșorării energiei cinetice.

Scanned with OKEN Scanner

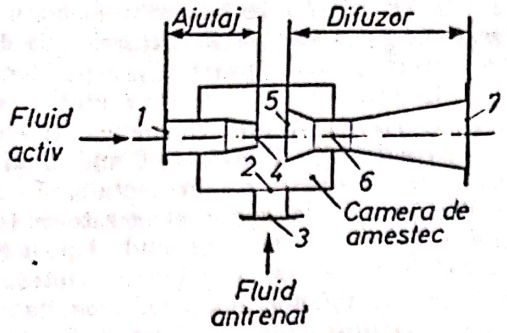


Fig. E.14. Ejector subsonic.

Ajutajul poate fi convergent sau convergent-divergent (v. **Ajutaj**). În primul caz, viteza fluidului activ poate atinge cel mult viteza sunetului, iar în al doilea, se pot obține viteze supersonice.

Camera de amestec poate avea secțiune constantă pe toată lungimea sau ușor convergentă la partea de intrare pentru a mări viteza fluidului antrenat, înainte de a se amesteca cu fluidul motor și pentru a micșora, astfel, pierderile.

Difuzorul poate fi divergent sau convergent-divergent, între cele două părți aflîndu-se o porțiune de secțiune constantă cu rolul de a uniformiza distribuția vitezelor în secțiune.

E. se pot folosi în domenii foarte variate, ca de exemplu: aspirarea aerului sau a altor gaze din condensatoarele turbinelor cu abur; pompe de vid, cu jet de apă sau de ulei; pompe de căldură; injectoare cu aer comprimat sau cu abur pentru combustibili lichizi etc.

Inexistența părților în mișcare și uzura mică a pieselor care ghidează jeturile de fluid constituie avantaje importante care asigură pentru **e.** o funcționare sigură, de lungă durată; consumul de energie pentru ridicarea presiunii fluidului activ este însă destul de mare.

Procesele care au loc în **e.**, reprezentate pe o diagramă *h-s*, sînt date în fig. E.15.

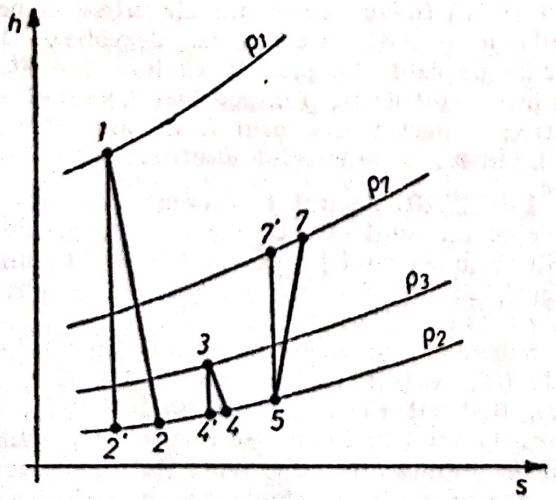


Fig. E.15. Reprezentarea proceselor din ejector în diagrama entalpie—entropie.

Fluidul activ de presiune p_1 intră în ajutaj și se destinde de la presiunea p_1 la p_2, viteza crescînd în mod corespunzător de la w_1 la w_2. Fluidul antrenat se află la o presiune p_3 mai mică decît p_1, dar puțin mai mare decît p_2. Din cauza diferenței de presiune p_3-p_2, el este aspirat în camera de amestec și dirijat spre difuzor, împreună cu fluidul activ. În difuzor, viteza amestecului mai întîi crește la valoarea w și se uniformizează în secțiune, apoi scade, iar presiunea statică a lui crește la valoarea p. Între vitezele din secțiunile caracteristice există, conform legii de conservare a impulsului, relația:

$$w_2+\mu w_4=(1+\mu)w_5,$$

unde μ este *coeficientul de ejecție* și reprezintă raportul dintre debitul de fluid antrenat și debitul de fluid activ. Vitezele w_2 și w_4 sînt determinate de stările inițiale ale fluidelor și de presiunea p_2 din camera de amestec. Viteza amestecului w_5 trebuie astfel aleasă, încît să se respecte legea de conservare a presiunii totale între intrarea și ieșirea din difuzor; ca urmare, variația presiunii statice va fi egală cu variația presiunii dinamice:

$$(w_5^2-w_7^2)\frac{\rho}{2}=p_7-p_5,$$

unde ρ este densitatea amestecului.

Dacă fluidele sînt de aceeași natură, așa cum s-a considerat în diagrama din fig. E.15, coeficientul de ejecție se poate scrie:

$$\mu=\sqrt{k\frac{h_1-h_{2'}}{h_{7'}-h_5}}-1,$$

unde $k=0{,}35-0{,}6$ este *factorul de pierderi* în **e.** care depinde de caracteristicile constructive și funcționale ale acestuia.

Randamentul **e.** se calculează cu relația:

$$\eta=\mu\cdot\frac{h_{7'}-h_5}{h_1-h_{2'}}$$

și are valori relativ mici, de 15—25%.

E. se pot clasifica după următoarele criterii:

a) viteza fluidului sau a amestecului (**e.** supersonice, subsonice și mixte);

b) natura fluidului activ (**e.** hidraulice, cu vapori și cu gaz).

În **e. supersonic** (fig. E.16), viteza fluidului activ și a amestecului la intrarea în difuzor are valori mai mari decît viteza sunetului în fluidul respectiv. Raportul de compresie care se poate obține este destul de mare: 3—5 (datorat vitezei mari a amestecului la intrarea în difuzor). În cazul cînd sînt nece-

Scanned with OKEN Scanner

sare rapoarte de compresie mari, de 20—30 (ex.: la instalațiile de vid ale turbinelor cu abur), se pot cupla mai multe e. în serie.

În cazul e. **subsonic** (v. fig. E.14), viteza fluidelor la intrarea în difuzor, precum și cea de ieșire din ajutaj fluidului activ este inferioară

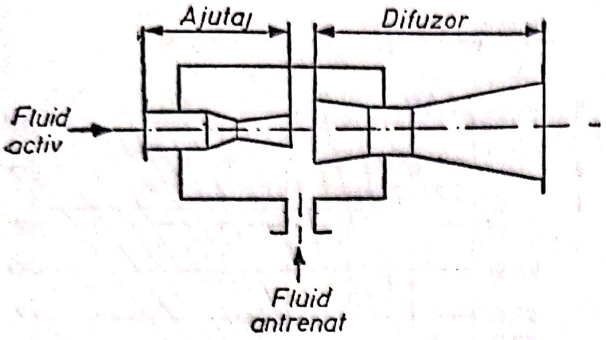


Fig. E.16. Ejector supersonic.

vitezei sunetului. Ajutajul este convergent, iar difuzorul divergent, eventual cu o mică porțiune convergentă pentru dirijarea amestecului spre difuzor. Fluidele utilizate în acest caz sînt lichide, iar rapoartele de compresie sînt relativ mici.

La e. **mixt**, fluidul activ are viteză supersonică, iar amestecul la intrarea în difuzor, viteză subsonică. Ajutajul este convergent-divergent ca la e. supersonic, iar difuzorul divergent, ca la e. subsonic. Fluidul activ este gaz sau în stare de vapori, iar cel antrenat—gaz, vapori sau lichid. Raportul de comprimare obținut este relativ mic.

ELECTROFILTRU. Instalație pentru filtrarea gazelor care conțin impurități mecanice fine, în suspensie (praf, cenușă zburătoare etc.), cu ajutorul unui cîmp electrostatic de înaltă tensiune.

Principiul de funcționare al e. este următorul: instalația, care constă din unul sau mai multe condensatoare cilindrice sau cu plăci, menține între electrozi (fig. E.17) o tensiune constantă, destul de apropiată de limita de străpungere (30—70 kV și chiar mai mult).

Tensiunea electrostatică se obține în urma redresării cu redresoare mecanice sau statice cu gaz, cu tensiune variabilă prin grilă comandată. Polul negativ al redresorului este legat la electrodul de ionizare, format dintr-o sîrmă de secțiune pătrată sau triunghiulară, uneori prevăzută și cu spini sau țepi, iar polul pozitiv împreună cu electrodul de depunere sînt legați la pămînt. Gazele trecute printre cei doi electrozi conțin particule mecanice care se ionizează negativ prin efect corona. În felul acesta, particulele sînt respinse de sîrmă și atrase de electrodul de depunere, unde se neutralizează și, nemaifiind atrase, cad în partea inferioară, unde există o pîlnie colectoare.

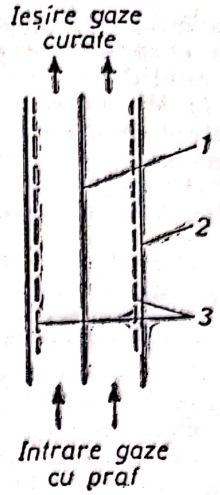


Fig. E.17. Schema simplificată a unei celule de electrofiltru:
1 — electrodul de ionizare; *2* — electrodul de depunere; *3* — filtru de praf.

Prin legarea în serie și în paralel a mai multor celule elementare de filtrare, se pot obține instalații cu diferite capacități de desprăfuire.

Forma electrozilor este prezentată în fig. E.18. În stînga figurii sînt redați electrozii de ionizare, iar în dreapta, cei de depunere. Se observă că electrozii de *ionizare*, care trebuie să producă în jurul lor un cîmp electric cît mai puternic, au raze de curbură cît mai mici, eventual posedă țepi sau spini. La *electrozii de depunere* trebuie avut în vedere ca particulele de praf încălzite să nu ajungă din nou în fluxul de gaze și să fie recirculate. De aceea, forma acestor electrozi trebuie să permită realizarea unor zone moarte din punct de vedere aerodinamic. Totodată, electrozii de depunere nu

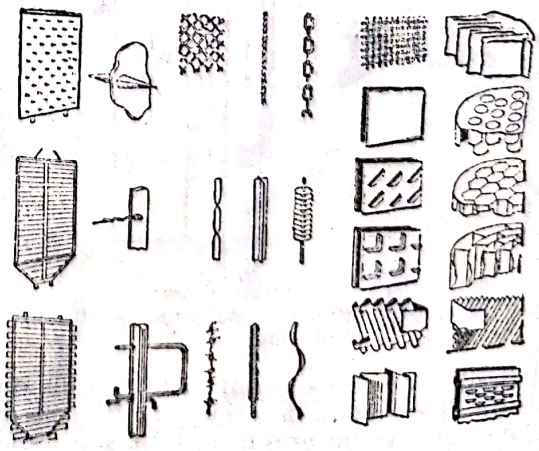


Fig. E.18. Forme constructive de electrozi pentru electrofiltre.

trebuie să aibă muchii ascuțite și să permită realizarea unui cîmp electric puternic și cît mai uniform. Praful rămas lipit pe electrozi se poate înlătura fie prin lovire, fie prin vibrare. Un tip de electrod de depunere care îndeplinește foarte bine cerințele expuse mai sus este acela în formă de C (fig. E.19), utilizat în majoritatea cazurilor la e. moderne.

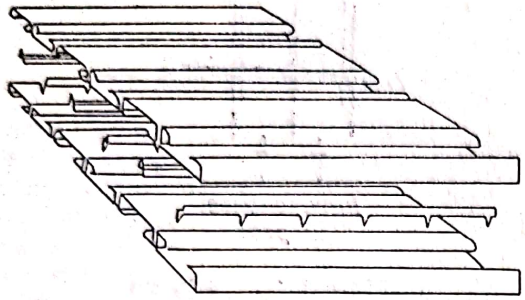


Fig. E.19. Electrozi în formă de C.

Gradul de reținere al unui e. (raportul între masa particulelor reținute și masa totală a suspensiilor din gazele intrate în filtru) se poate determina prin relația:

$$\eta = 1 - e^{-l/w_g \cdot b} = 1 - e^{-\tau \cdot w/w_g \cdot b},$$

unde: η este gradul de reținere adimensional; l — lungimea electrodului de depunere [cm]; w_g — viteza de deplasare a gazului [cm/s]; b — distanța între electrodul de ionizare și cel de depunere [cm]; τ — durata de parcurgere a filtrului ($\tau = l/w_g$) [s]; w — viteza de deplasare a particulelor de praf în cîmpul electric [cm/s], conform notațiilor din fig. E.20.

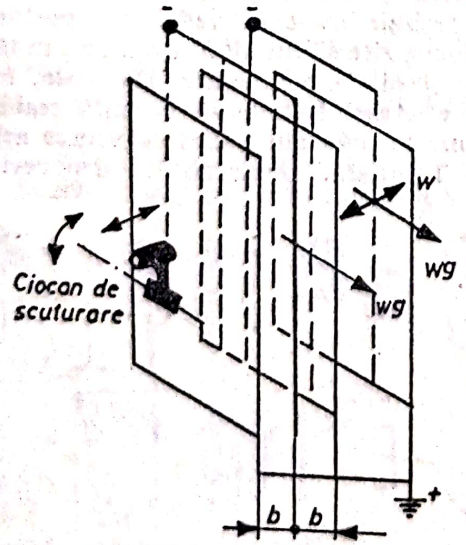


Fig. E.20. Schema de funcționare a unui electrofiltru.

Gradul de reținere se mai poate exprima și în funcție de suprafața de depunere (S) și de debitul de gaze trecut prin filtru (D_g), sub forma:

$$\eta = 1 - e^{-wS/D_g}.$$

În fig. E.21 este reprezentată grafic această relație. Se observă că, din punct de vedere teoretic, gradul de reținere poate crește oricît de mult către valoarea unitară. În practică, însă, apar dificultăți constructive care limitează valoarea lui η la 0,96 ... 0,995. În plus, mărimea particulelor ce trebuie reținute influențează

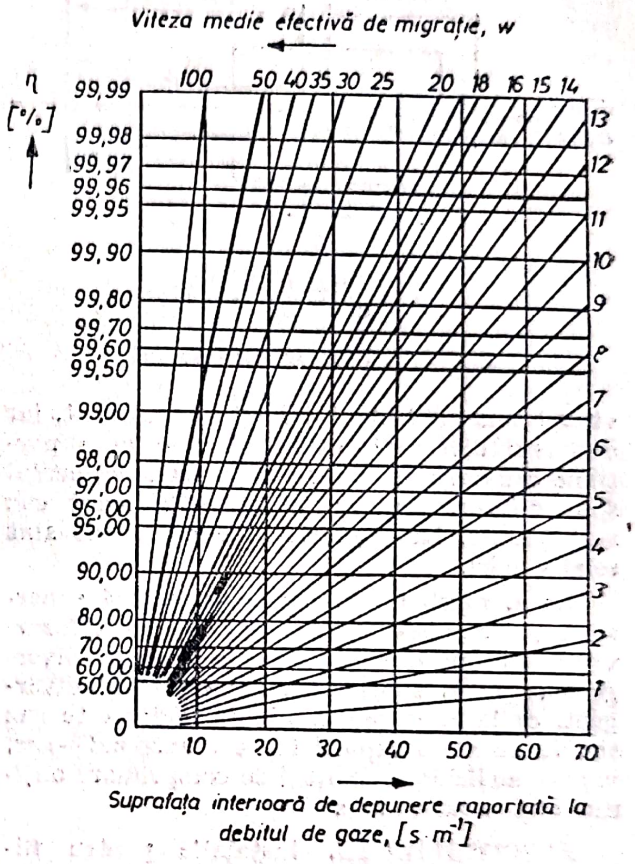


Fig. E.21. Diagramă de calcul pentru gradul de reținere.

decisiv viteza w de deplasare în cîmp (fig. E.22), ceea ce micșorează performanțele e. De aceea, gradul de reținere variază cu granulația, însă

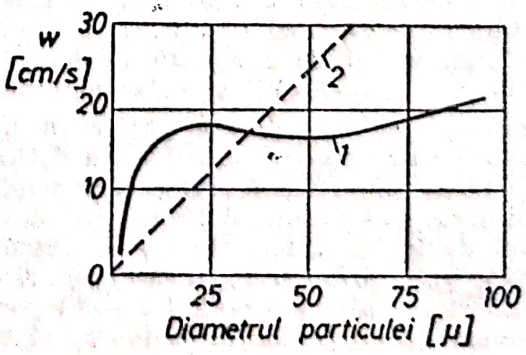


Fig. E.22. Viteza de deplasare a ionilor în cîmpul electric:
1 — reală; 2 — teoretică.

atinge valorile cele mai bune la dimensiuni mult mai reduse ale prafului, comparativ cu filtrele mecanice (fig. E.23).

Scanned with OKEN Scanner

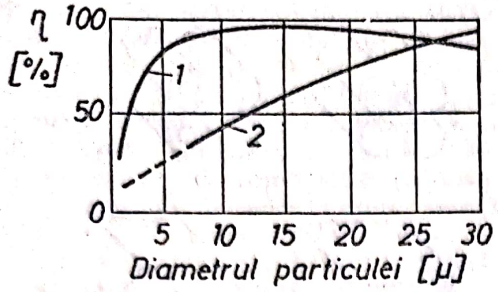


Fig. E.23. Comparație între gradul de reținere al electrofiltrului și al filtrului mecanic, în funcție de granulația prafului:
1 — electrofiltru; *2* — filtru mecanic.

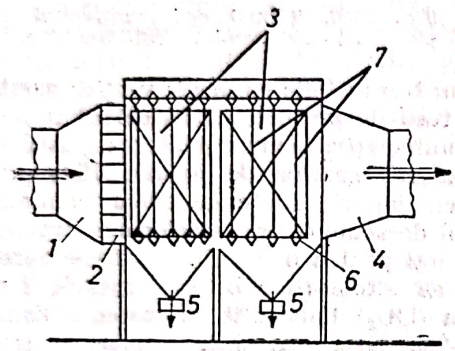


Fig. E.24. Electrofiltru cu dispozitive de uniformizare a vitezei de deplasare a gazelor:
1 — difuzor; *2* — dispozitive de liniștire; *3* — zonă activă de depunere; *4* — racord pentru evacuarea gazelor curate; *5* — evacuarea cenușii; *6* — suporți izolatori elastici; *7* — electrozi de ionizare.

În scopul *îmbunătățirii performanțelor* e., se pot lua următoarele măsuri:

— uniformizarea vitezelor de deplasare ale gazelor; de aceea, la intrarea în filtru se așează diverse dispozitive de liniștire și uniformizare (fig. E.24);

— micșorarea vitezei w_g a gazelor, realizabilă prin trecerea la o secțiune de curgere mai mare (fig. E.24);

— creșterea conductivității electrice a prafului prin umezire prealabilă. **E.** umede se folosesc, în special, pentru desprăfuirea gazelor de furnal; ele nu sînt aplicabile în termocentrale, din cauza temperaturilor relativ scăzute ale gazelor și a pericolelor de coroziune;

— scuturarea periodică a electrozilor de depunere a filtrului, dar și a celor de ionizare.

Comparativ cu filtrele mecanice, **e.** au următoarele *avantaje*: grad de separare (reținere) ridicat; pierdere de presiune redusă (10—15 mm c.a.); uzură minimă.

Clasificarea **e.** se face în funcție de direcția de circulație a gazelor. Se întîlnesc **e. orizontale** (fig. E.25) și **verticale** (fig. E. 26). Ca deosebire între aceste tipuri, în afara formei lor constructive, trebuie remarcat faptul că **e.** orizontale permit prelucrarea unor debite mult mai mari de gaze decît cele verticale.

Dacă cantitatea de praf conținută în gaze este prea mare, în filtre pot apărea fenomene de ecranare electrică care micșorează gradul de reținere și de aceea, uneori, se instalează în amonte filtre mecanice.

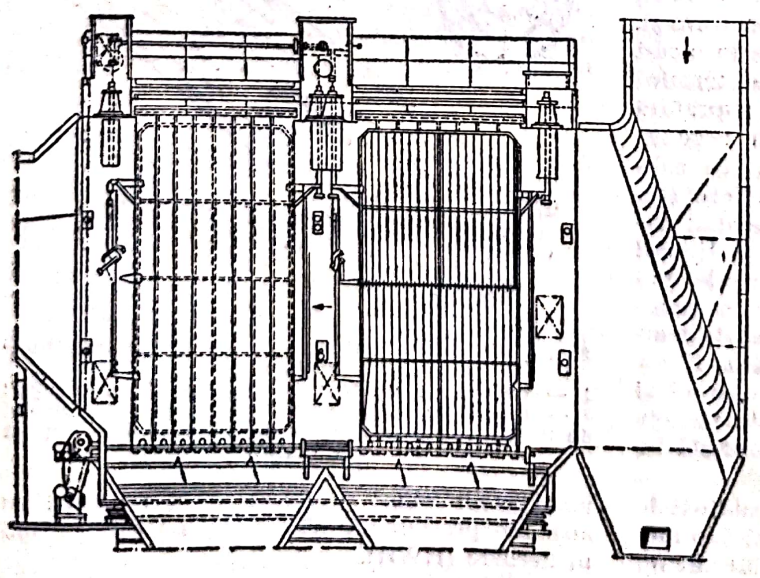


Fig. E.25. Schema de ansamblu a unui electrofiltru orizontal.

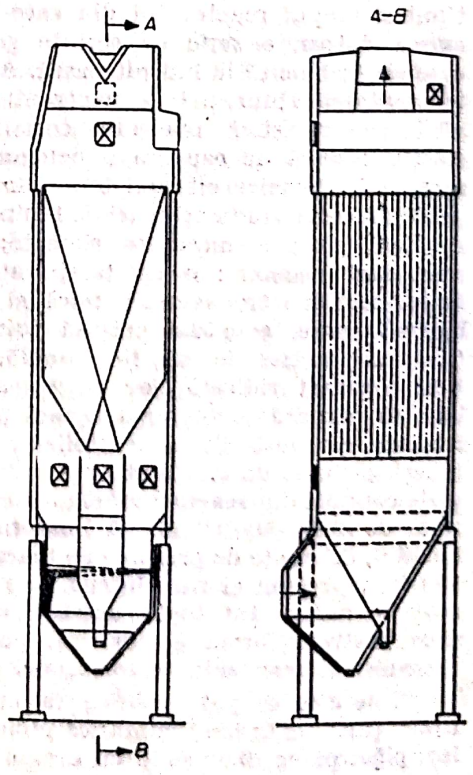


Fig. E.26. Schema de ansamblu a unui electrofiltru vertical.

ELECTRON-VOLT (e.V). Unitate de măsură a energiei, folosită în fizica atomică și nucleară, precum și în chimia fizică. Se definește ca fiind energia pe care o capătă un electron care traversează o diferență de potențial de 1 V, în vid.

Relațiile de echivalență cu alte unități de măsură:

1 eV=1,6021917·1^{-19} J=1,07·10^{-9} amu (amu-unitate atomică de masă egală cu 1/16 din masa nuclidului)

1 amu=931 MeV=1,49·10^{-10} J;

1 eV=1,602·10^{-12} erg=4,45·10^{-23} Wh=
=1,634·10^{-20} kgf·m=3,826·10^{-20} cal=1,5184·
·10^{-22} BTU;

Electron-voltul este o unitate de măsură admisă a fi folosită în paralel cu unitățile sistemului SI pe termen nelimitat.

ELEMENT DE COMBUSTIBIL NUCLEAR. Component principal al zonei active a reactoarelor nucleare în care are loc producerea energiei nucleare și transformarea ei în energie termică.

E. de c.n. este alcătuit din material combustibil, plasat într-un înveliș de protecție dintr-un metal adecvat, care-l izolează de agentul de răcire corosiv și împiedică eliberarea produselor de fisiune radioactivă. Materialul combustibil este o combinație chimică (ex.: UO_2, PuO_2, UC, UO_2 SO_2) sau un aliaj (ex.: U+Al, U+ZrH) care conține elementul fisionabil (U, Pu etc.), adică combustibilul nuclear. Structura **e. de c.n.** variază mult în funcție de tipul și scopul reactorului din care fac parte; există, totuși, o serie de cerințe generale pe care ele trebuie să le îndeplinească. Astfel, pentru evitarea absorbției de neutroni trebuie să aibă caracteristici nucleare corespunzătoare (secțiune mică de captură a neutronilor). Caracteristici termice cît mai bune sînt de dorit pentru a evita gradienți mari de temperatură și, implicit, eforturi mecanice ridicate; în acest sens, sînt necesare: o conductivitate termică mare, secțiune transversală mică și suprafață laterală mare, eventual extinsă prin nervuri. Construcția trebuie să fie simplă, de calitate constant ridicată, iar după iradiere trebuie să permită prelucrarea ușoară pentru extragerea combustibilului neutralizat. În timpul funcționării, **e. de c.n.** sînt supuse la cele mai grele condiții din reactor: gradienți de temperatură de 300—500°C/mm în materialul combustibil, diferențe de presiune pe teacă de 100—160 bar, precum și flux intens de neutroni și radiații gama. Cu toate acestea, ele trebuie să-și păstreze forma geometrică, proprietățile mecanice și rezistența la coroziune.

E. de c.n. se pot clasifica în următoarele tipuri (fig. E.27): bară cilindrică plină; tub inelar; plăci plane; bloc solid cu canale de răcire.

E. de c.n. de tip bară plină se confecționează din pastile de combustibil cilindrice, introduse

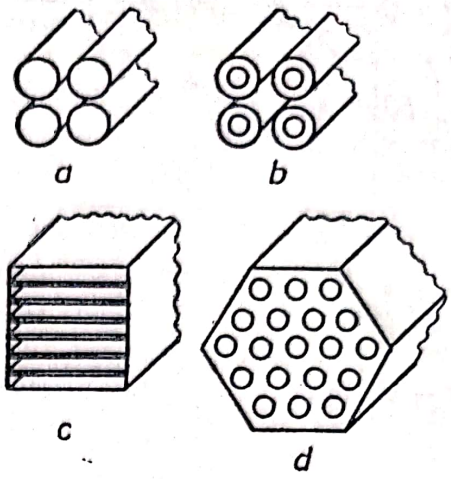


Fig. E.27. Tipuri constructive de elementi de combustibil nuclear.

într-un tub metalic cu pereți subțiri; acesta are rolul tecii de protecție. La capătul tubului se lasă un spațiu pentru dilatarea pastilelor și acumularea gazelor de fisiune. Etanșarea se face cu dopuri sudate de teaca tubulară. În spațiul de acumulare a gazelor se introduce un arc spiral pentru a menține pastilele apropiate unele de altele (fig. E.28). Pastilele sînt de uraniu (UO_2) îmbogățit în izotopul fisionabil de U-235, iar teaca, dintr-un aliaj de zirconiu numit zircoloy. Arcul de compresie se execută din oțel inoxidabil. Între pastilele de combustibil și teacă se introduce un gaz inert pentru a micșora rezistența de contact. Acest tip de ele-

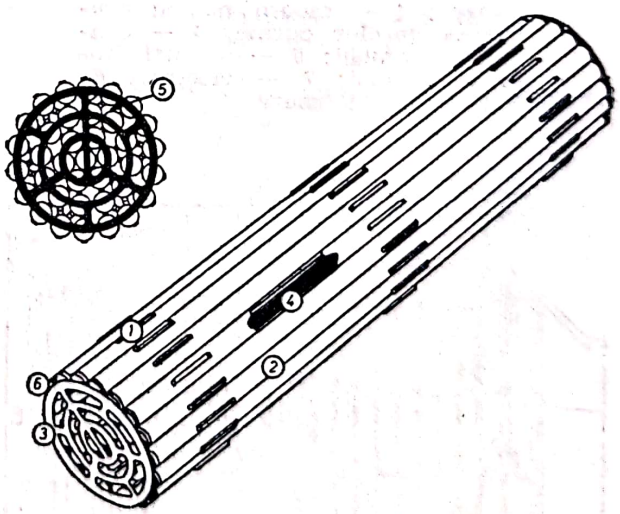


Fig. E.28. Ansamblu de 37 elemente combustibile:
1 — patină de ghidaj; *2* — teacă de protecție; *3* — placă de susținere; *4* — pastile de bioxid de uraniu; *5* — patine de distanțare; *6* — dopuri de capăt.

ment combustibil se folosește la reactorii cu apă sub presiune (PWR, PHWR) sau cu apă în fierbere (BWR).

Pentru manipulare ușoară în reactor, **e. de c.n.** se asociază în casete sau în ansambluri de

Scanned with OKEN Scanner

combustibil. De exemplu, reactorul PHW de tip CANDU-650 are 37 **e. de c.n.** într-un ansamblu de cca 0,5 m (fig. E.28), iar 12 ansambluri puse cap la cap formează încărcătura de funcționare normală dintr-un canal de combustibil. Toată zona activă conține 380 de astfel de canale de combustibil, dispuse în vasul reactorului nuclear, numit calandrie. Agentul de răcire curge printre **e. de c. n.** din ansamblu și evacuează căldura produsă în acestea prin fisiune nucleară.

E. de c. n. de tip tub inelar sînt caracteristice reactoarelor nucleare răcite cu gaz GCR-Magnox. Materialul utilizat pentru teacă este Magnoxul (un aliaj pe bază de magneziu), prelucrat sub formă de tub cu aripioare pentru mărirea suprafeței de schimb de căldură. Magnoxul limitează temperatura agentului de răcire la maximum 380—400°C. La reactoarele avansate, răcite cu gaze de tip AGR, magnoxul a fost înlocuit cu oțel inoxidabil, iar combustibilul din elementele de combustibil a fost puternic îmbogățit. Temperatura agentului de răcire poate fi mărită, în cazul acesta, la circa 650°C.

E. de c. n. de tip tub inelar se întîlnesc și la reactoarele supraîncălzitoare cu apă-grafit. În fig. E.29 este reprezentată o secțiune transversală într-un ansamblu format dintr-un cilindru vertical de grafit în care se practică șapte canale verticale. Canalul central conține un tub de presiune simplu din oțel inoxidabil. Cele șase canale marginale conțin elementele de combustibil tubulare, alcătuite din material combustibil (U+Mg), protejat în interior și exterior de teci din oțel inoxidabil. Apa curge prin canalul central și se distribuie în cele șase canale marginale în care se ridică, încălzindu-se de la combustibil. La un anumit loc începe să se vaporizeze, la ieșire existînd un amestec bifazic apă-abur. Ansamblurile supraîncălzitoare sînt identice cu cele vaporizatoare descrise anterior, cu deosebirea că în canalul central

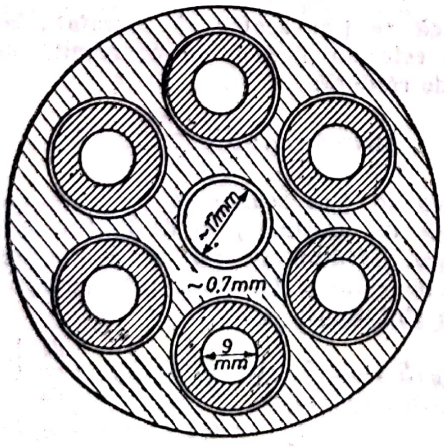


Fig. E.29. Element de combustibil nuclear de tip tub inelar (secțiune transversală).

intră abur saturat și nu apă. Cilindrul de grafit are rolul de a modera (încetini) neutronii din zona activă.

E. de c. n. de tip placă sînt alcătuite dintr-un număr de plăci dreptunghiulare, plane sau ușor curbate, dispuse într-o casetă para-

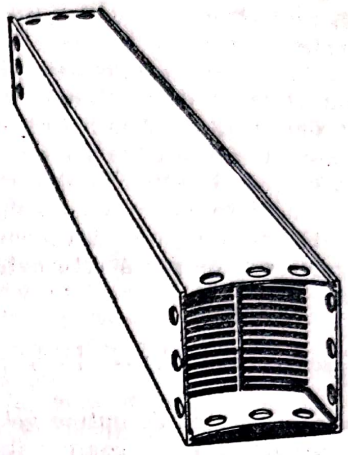


Fig. E.30. Element de combustibil nuclear de tip placă.

lelipipedică (fig. E.30). Plăcile sînt dispuse sub forma unui sandviș, avînd în centru combustibil îmbogățit sub formă metalică sau de bioxid, dispersat într-o matrice de aluminiu, zirconiu sau oțel inoxidabil, iar teaca de pe părțile laterale este din același material ca matricea centrală.

E. de c.n. de tip bloc solid cu canale de răcire sînt caracteristice reactorilor de înaltă temperatură HTGR, răciți cu gaz (He) și sînt de obicei de forma unui bloc hexagonal de grafit care include o rețea de orificii longitudinale pentru combustibil, precum și canale pentru agentul de răcire și bare de control. Orificiile de combustibil conțin granule de combustibil, introduse în teci de carbon pirolitic (coated particle). Teaca ceramică a granulelor aplicată printr-o tehnică de piroliză este formată din mai multe straturi pentru a asigura un înalt grad de reținere a produselor de fisiune. Stratul interior poros preia expansiunea combustibilului iradiat și asigură spațiu de depozitare pentru gazele de fisiune. Stratul exterior acționează ca o barieră de reținere a produselor de fisiune și asigură rezistența mecanică a structurii care nu mai necesită teacă metalică. În acest fel, se obțin două avantaje importante: se poate asigura integritatea elementelor de combustibil la temperaturi foarte ridicate (700—800°C) și se îmbunătățește economia de neutroni a sistemului, prin eliminarea capturii de neutroni de către metalul tecii.

Căldura generată într-un **e. de c.n.** Fluxul termic generat prin fisiunea într-un element de combustibil depinde de reparti-

Scanned with OKEN Scanner

zarea spațială și intensitatea de căldură, precum și de volumul elementului de combustibil. Repartizarea surselor depinde de prezența sau absența combustibilului (în pastile există, în teacă nu), iar intensitatea lor este, în general, proporțională cu fluxul de neutroni din porțiunea respectivă a zonei active. Intensitatea sursei de căldură, numită de obicei densitate de putere volumetrică, depinde și de densitatea de nuclee fisionabile, precum și de secțiunea eficace medie (probabilitatea de producere a reacției) de fisiune; dar aceste mărimi sînt constante pentru un anumit material la un moment dat. Considerînd că fluxul de neutroni variază cosinusoidal în lungul zonei active, rezultă că puterea generată într-un element de combustibil de tip cilindric sau de placă este dată aproximativ de relația:

$$Q_{EC}=\frac{2}{\pi}\,q_{VC}\cdot S_t\cdot H \quad [\mathrm{W}],$$

unde: q_{VC} este densitatea de putere volumetrică în centrul elementului de combustibil; S_t — aria secțiunii transversale a elementului de combustibil fără teacă; H — înălțimea (sau lungimea) elementului de combustibil. Valoarea maximă a densității de putere este impusă de temperatura maximă admisibilă a combustibilului în condiții de răcire fixate.

Evacuarea căldurii din **e. de c.n.** Energia termică generată în **e. de c.n.** trebuie evacuată pentru a fi folosită în scopuri utile: producerea energiei electrice, încălzirea proceselor industriale etc. Evacuarea căldurii se face prin conductivitate termică, din interiorul elementelor de combustibil pînă la suprafața exterioară a tecii și prin convecție, de la teacă la fluidul de răcire.

Determinarea cîmpului de temperatură din interiorul **e. de c n.** trebuie, așadar, să ia în considerare fenomenul dublu de producere și evacuare a căldurii.

Considerînd un **e. de c.n.** de tip placă, cu secțiune transversală constantă (fig. E.31), în care se generează căldură, se observă că această căldură este transmisă în mod egal în direcțiile $+x$ și $-x$, planul mediu fiind planul temperaturilor maxime. Scriind bilanțul de energie pentru un element de volum de grosime dx, situat la distanța x de planul mediu:

$$\begin{bmatrix}\text{Căldura generată}\\ \text{în element}\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}\text{Căldura care trece}\\ \text{prin planul } (x+dx)\end{bmatrix}-\begin{bmatrix}\text{Căldura care trece}\\ \text{prin planul } (x)\end{bmatrix},$$

se ajunge la ecuația diferențială a conducției unidirecționale:

$$d^2t/dx^2=-q_V/\lambda_C,$$

unde: t este temperatura [°C]; q_V — densitatea de putere volumetrică generată [W/m³]; λ_C — conductivitatea termică a materialului combustibil [W/m°K]. Integrînd această ecuație de două ori și ținînd seama de condițiile la limită, se obține *ecuația distribuției de temperatură în materialul combustibil*:

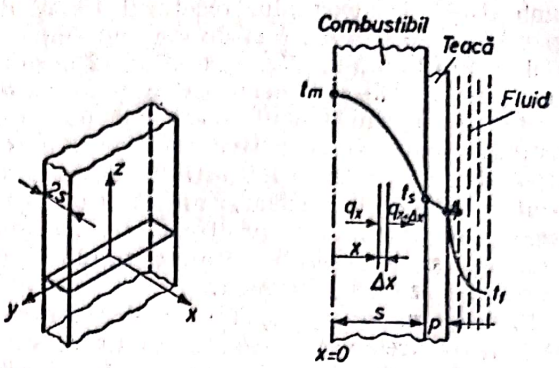


Fig. E.31. Transferul de căldură printr-un element de combustibil nuclear tip placă, cu secțiune transversală constantă

$$t(x)=t_m-\frac{q_V}{2\cdot\lambda_C}x^2 \quad [°\mathrm{C}].$$

Pe suprafața exterioară a combustibilului temperatura este:

$$t(S)=t_m-\frac{q_V}{2\cdot\lambda_C}s^2 \quad [°\mathrm{C}],$$

unde s este s emigrosimea plăcii.

Fluxul de căldură transmis prin suprafața situată la distanța x de centru este egal cu cantitatea de căldură generată între planul mediu și planul x:

$$Q_x=q_V\cdot S\cdot x \quad [\mathrm{W}],$$

unde S este suprafața laterală a unei jumătăți a **e. de c.n.**

Debitul de căldură superficial Q_s, corespunzător căldurii produse de o jumătate a elementului este:

$$Q_s=q_V\cdot S\cdot s \quad [\mathrm{W}].$$

Dacă se ține seama că suprafața laterală totală este dublă față de S, rezultă debitul total de căldură:

$$Q_{2S}=4\cdot\lambda_C\cdot S\,\frac{t_m-t_s}{s} \quad [\mathrm{W}].$$

Dacă se ține seama de prezența tecii de protecție de grosime p și de faptul că nu se generează căldură în ea, se poate scrie că fluxul de căldură transmis prin suprafețele s și $s+p$ sînt egale:

$$Q_S=q_V\cdot S\cdot s=2\cdot\lambda_C\cdot S\frac{t_m-t_s}{s}=\lambda_p\cdot S\frac{dt}{dx}\bigg|_{\text{teacă}}=$$

$$=\lambda_p\cdot S\frac{t_s-t_p}{p},$$

unde λ_p este conductivitatea termică a tecii.

Scanned with OKEN Scanner

Rezolvînd în raport de diferenţele de temperatură, rezultă:

$$t_m - t_s = \frac{Q_s \cdot s}{2 \cdot \lambda_C \cdot S} = \frac{q_V \cdot s^2}{2 \cdot \lambda_C};$$

$$t_s - t_p = \frac{Q_s \cdot p}{\lambda_p \cdot S} = \frac{q_V \cdot s \cdot p}{\lambda_p}.$$

Transferul de căldură de la teacă la fluidul de răcire se face prin convecţie naturală sau forţată cu coeficientul de convecţie α [W/m^2 grd].

Ţinînd seama de egalitatea dintre fluxul de căldură transmis fluidului şi fluxul care trece prin suprafeţele dispuse la distanţa de centru (s) şi, respectiv, ($s+p$), se poate scrie:

$$Q_s = q_s \cdot S_s = 2 \cdot \lambda_C S \frac{t_m - t_s}{s} = \lambda_p \cdot S \frac{t_s - t_p}{p} =$$

$$= \alpha \cdot S(t_p - t_f),$$

unde t_f este temperatura medie a fluidului [°C].

Diferenţa de temperatură între teacă şi fluid se exprimă astfel:

$$t_p - t_f = \frac{Q_s}{\alpha \cdot S} = \frac{q_V \cdot s}{\alpha}.$$

Prin adunarea celor trei diferenţe de temperatură se obţine diferenţa totală dintre temperatura în centrul combustibilului şi cea a fluidului de răcire:

$$t_m - t_f = \frac{Q_s}{S}\left(\frac{s}{2 \cdot \lambda_C} + \frac{p}{\lambda_p} + \frac{1}{\alpha}\right) =$$

$$= \frac{q_V \cdot s^2}{2\lambda_C} + \frac{q_V \cdot s \cdot p}{\lambda_p} + \frac{q_V \cdot s}{\alpha}.$$

Debitul de căldură este:

$$Q_s = \frac{t_m - t_f}{\frac{s}{2 \cdot \lambda_C \cdot S} + \frac{p}{\lambda_p \cdot S} + \frac{1}{\alpha \cdot S}} =$$

$$= \frac{t_m - t_f}{\frac{R_C}{S} + \frac{R_p}{S} + \frac{R_f}{S}},$$

în care: $R_C = s/2 \cdot \lambda c$, $R_p = p/\lambda_p$ şi $R_f = 1/\alpha$ reprezintă rezistenţa termică a combustibilului, a tecii şi, respectiv, a procesului de răcire de către fluid.

În cazul **e. de c.n.** cilindrice sau sferice, fenomenele sînt similare, iar rezultatele calculelor sînt prezentate în tabelul E.1.

Durata de viaţă (gradul de ardere) a elementelor de combustibil în reactorul nuclear este limitată de un număr de factori. Din cauza costului ridicat al recuperării materialului fisionabil care mai rămîne în elemente după scoaterea lor din reactor, obiectivul principal al proiectării este prelungirea cît mai mare a duratei de exploatare sigură a acestora. Unul din factorii limitativi este datorat modificărilor care apar în **e. de c.n.** din cauza iradierii care, în ultimă instanţă, pot duce la deteriorarea acestora. Efectele defavorabile ale iradierii sînt, în special, schimbările dimensionale şi pierderea rezistenţei mecanice care, dacă apar, necesită oprirea reactorului şi schimbarea **e. de c.n.** defecte. Alt factor limitativ al duratei de menţinere în reactor a **e. de c.n.** este scăderea cantităţii de material fisionabil şi creşterea simultană a absorbţiei parazite de neutroni de către produsele de fisiune. Acest factor este cunoscut sub numele de *otrăvire de către produsele de fisiune*. Această limitare a vieţii operaţionale (grad de ardere) poate fi parţial compensată prin folosirea aşa-numitelor materiale fertile în **e. de c.n.** care, ca urmare a capturii de neutroni, se pot converti în material fisionabil şi îl pot înlocui parţial pe cel consumat.

ENDOTERM (Proces). Proces care se desfăşoară cu absorbţie de căldură din exterior.

La temperaturi coborîte, numărul **p.e.** este foarte mic, acesta crescînd la temperaturi foarte înalte.

Un exemplu tipic de **p.e.**, întîlnit în termotehnică, este procesul de disociere, care apare în procesul de ardere, la depăşirea temperaturii de 1 400 K. La temperaturi ridicate, produsele de ardere disociază, absorbind o cantitate din căldura existentă în cadrul procesului respectiv. La depăşirea temperaturii de 1 400 K, se realizează disocierea bioxidului de carbon şi a apei. Odată cu creşterea temperaturii, la depăşirea valorii de 2 200 K, se realizează, pe lîngă procesele de disociere ale bioxidului de carbon şi ale apei, şi disocierea oxigenului şi a hidrogenului. Aceste reacţii de disociere, de fapt, procese cu absorbţie de căldură din exterior (endoterme), conduc la modificarea compoziţiei produselor rezultate din ardere şi la modificarea energiei interne a acestora. Produsele rezultate din procesele de disociere posedă o energie chimică, care, la schimbarea condiţiilor de temperatură şi presiune, poate conduce la reasocieri, cu degajare de căldură.

ENTALPIE. Mărime de stare, egală cu suma dintre energia internă a corpului şi lucrul mecanic de dislocare:

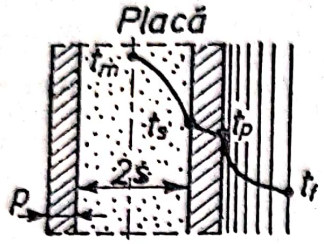
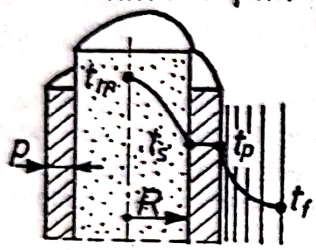
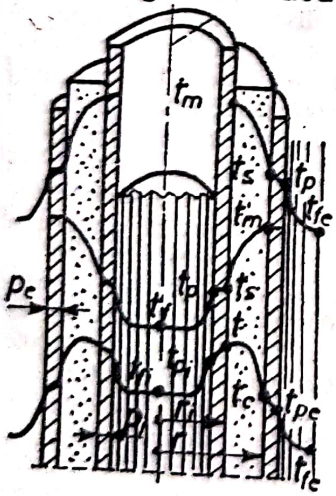
$$H = U + p \cdot V \quad [\text{J}].$$

Pentru 1 kg de gaz se defineşte **e.** *specifică*:

$$h = u + p \cdot v \quad [\text{J/kg}].$$

Scanned with OKEN Scanner

Parametrii termici ai elementelor de

Tipul elementului de combustibil		Distribuția de temperatură în combustibil $t(x)$, $t(r)$	$t_m - t_f = (t_m - t_s) +$
			$t_m - t_s$
Placă 		$t_m - \frac{q_v}{2\lambda_c} x^2$	$\frac{q_v s^2}{2\lambda_c}$ $\frac{Q_s s}{2\lambda_c S}$
Cilindru plin 		$t_m - \frac{q_v \cdot r^2}{4\lambda_c}$	$\frac{q_v R^2}{4\lambda_c}$ $\frac{Q_s R}{2\lambda_c S_R}$ $S_R = 2\pi RL$
Cilindru gol cu teacă 	răcirea externă		$\frac{q_v r_i^2}{4\lambda_c}\left[\left(\frac{r_e}{r_i}\right)^2 - 2\ln\left(\frac{r_e}{r_i}\right) - 1\right]$
	răcirea internă	$t_e - \frac{q_v r_e^2}{4\lambda_c}\left[\left(\frac{r}{r_e}\right) - 2\ln\left(\frac{r}{r_e}\right) - 1\right]$	$\frac{q_v r_e^2}{4\lambda_c}\left[\left(\frac{r_i}{r_e}\right)^2 - 2\ln\left(\frac{r_i}{r_e}\right) - 1\right]$
	răcirea dublă	$t_i - \frac{q_v(r^2 - r_i^2)}{4\lambda_c} + [(t_i - t_e) - \frac{q_v}{4\lambda_c}(r_e^2 - r_i^2)]\ln\left(\frac{r}{r_i}\right)\ln\left(\frac{r}{r_i}\right)$	
Sferă		$t_m - \frac{q_v r^2}{6\lambda_c}$	$\frac{q_v R^2}{6\lambda_c}$ $\frac{Q_s R}{2\lambda_c S_R}$ $S_R = 4\pi R^2$

combustibil nuclear de formă cilindrică şi sferică *Tabelul E.1*

$+(t_s-t_p)+(t_p-t_f)$		Debitul de căldură ieşit din element Q_s	q_v
t_s-t_p	t_p-t_f		
$\frac{q_v s p}{\lambda_p}$ $\frac{Q_s p}{\lambda_p S}$	$\frac{q_v s}{\alpha}$ $\frac{Q_s}{\alpha S}$	$\frac{t_m-t_f}{\frac{s}{2\lambda_c S}+\frac{p}{\lambda_p S}+\frac{1}{\alpha S}}$	$\frac{Q_s}{S\cdot s}$
$\frac{q_v R^2}{2\lambda_c}\ln\frac{R+p}{R}$ $\frac{Q_s p}{\lambda_p S_m}$ $S_m=\frac{S_{R+p}-S_R}{\ln\frac{S_{R+p}}{S_R}}$	$\frac{q_v R^2}{2\alpha(R+p)}$ $\frac{Q_s}{\alpha S_{R+p}}$ $S_{R+p}=2\pi(R+p)L$	$\frac{t_m-t_f}{\frac{R}{2\lambda_c S_R}+\frac{p}{\lambda_p S_m}+\frac{1}{\alpha S_{Q+p}}}$	$\frac{Q}{\pi R^2 L}$
$\frac{q_v(r_e^2-r_i^2)}{2\lambda_p}\ln\frac{r_e+p_e}{r_e}$	$\frac{q_v(r_e^2-r_i^2)}{2\alpha(r_e+p_e)}$	$\frac{4\pi\lambda_c L(t_i-t_c)\left[\left(\frac{r_e}{r_i}\right)^2-1\right]}{\left(\frac{r_e}{r_i}\right)^2-2\ln\frac{r_e}{r_i}-1}$	
$\frac{q_v(r_e^2-r_i^2)}{2\lambda_p}\ln\frac{r_i}{r_i-p_i}$	$\frac{q_v(r_i^2-r_i^2)}{2\alpha(r_i-p)}$	$\frac{4\pi\lambda_c L(t_e-t_i)\left[1-\left(\frac{r_e}{r_i}\right)^2\right]}{\left(\frac{r_i}{r_e}\right)^2-2\ln\frac{r_i}{r_e}-1}$	$\frac{Q_s}{\pi(r_e^2-r_i^2)L}$
$\frac{q_v R^3}{3\lambda_p}\left[\frac{1}{R}-\frac{1}{R+p}\right]$ $\frac{Q_s p}{\lambda_p S_m}$ $S_m=4\pi R(R+p)$	$\frac{q_v R^3}{3\alpha(R+p)^2}$ $\frac{Q_s}{\alpha S_{R+p}}$ $S_{R+p}=4\pi(R+p)^2$	$\frac{t_m-t_f}{\frac{R}{2\lambda_c S_R}+\frac{p}{\lambda_p S_m}+\frac{1}{\alpha S_{R+p}}}$	$\frac{Q_s}{\frac{4}{3}\pi R^3}$

Din formularea matematică a principiului I al termodinamicii, variația e. este egală cu diferența dintre cantitatea de căldură și lucrul mecanic tehnic al sistemului:

$$dH=\delta Q-\delta L_t=\delta Q+V dp.$$

Dacă se aleg ca parametrii independenți presiunea p și temperatura T, avînd în vedere că pentru sistemul cu doi parametri (V și H) există funcțiile p și T, se obține pentru procesele reversibile ecuația de schimbare a stării sistemului considerat în variabilele p și T:

$$\delta Q=dH(p, T)-V(p, T)dp$$

care este o ecuație calorifică de stare a corpului.

Deoarece dH este o diferențială totală exactă, pentru sistemele a căror stare se determină prin doi parametri independenți: p, V; p, T sau T, V, se obțin următoarele expresii pentru dH:

$$dH=\left(\frac{\partial H}{\partial p}\right)_V dp+\left(\frac{\partial H}{\partial V}\right)_p dV;$$

$$dH=\left(\frac{\partial H}{\partial p}\right)_T dp+\left(\frac{\partial H}{\partial T}\right)_p dT;$$

$$dH=\left(\frac{\partial H}{\partial T}\right)_V dT+\left(\frac{\partial H}{\partial V}\right)_T dV.$$

În cazul unei transformări izobare ($dp=0$), rezultă $dH=\delta Q_p$, și dacă c_p este căldura specifică a fluidului la $p=$const., iar m, masa lui în kg, variația e. între două stări de echilibru 1 și 2 va fi:

$$H_2-H_1=m\int_1^2 c_p dT.$$

Cînd sistemul schimbă lucru mecanic cu alte sisteme, atît datorită diferenței de presiune, cît și datorită cîmpurilor de forță, starea acestui sistem se caracterizează prin cîțiva parametri exteriori $a_1, a_2, \ldots a_j$, astfel că e. poate fi exprimată printr-o ecuație similară:

$$H=U+\sum_{j=1}^{n} A_j a_j,$$

în care A_j este forța exterioară generalizată; fiecare din forțele generalizate depinde atît de parametri exteriori $a_1, a_2, \ldots a_j$, cît și de temperatura empirică t.

Cantitatea elementară de căldură primită de un corp într-un proces de echilibru infinit mic va fi:

$$\delta Q=\left(\frac{\partial H}{\partial T}\right)_p dT-\left[V-\left(\frac{\partial H}{\partial p}\right)_T\right]dp.$$

Presupunînd un proces efectuat la presiune constantă, rezultă:

$$\delta Q=\left(\frac{\partial H}{\partial T}\right)_p dT.$$

Dar la $p=$const., $dQ=m\cdot c_p\cdot dT$, deci: $c_p=\left(\frac{\partial h}{\partial T}\right)_p$

Deci, căldura specifică la presiune constantă este egală cu derivata parțială a e. (considerată ca funcție de p și T) în funcție de temperatura absolută. E. poate servi și la definirea altor mărimi. Expresia matematică a principiului al II-lea al termodinamicii pentru un proces reversibil infinitezimal $\delta Q_{rev}=T dS$, în care S este entropia, devine:

$$T dS=dH-V dp.$$

De aici se obțin expresiile:

$$T=\left(\frac{\partial H}{\partial S}\right)_p;$$

$$V=\left(\frac{\partial H}{\partial p}\right)_S.$$

Deci, temperatura absolută și volumul pot fi reprezentate sub forma unor derivate parțiale ale e. în funcție de entropie și presiune, ceea ce conferă e. proprietatea de potențial termodinamic. Cu acestea, e. poate fi pusă și sub forma:

$$H(p, T)=\int\left[T\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p-V\right]dp+y(T),$$

unde $y(T)$ este o funcție oarecare de temperatură. Cu această relație, e. corpului se poate determina cu precizia funcției de temperatură $y(T)$, pentru care trebuie cunoscută dependența de temperatură a căldurii specifice c_p a corpului considerat.

Dacă sistemul este reprezentat de un amestec de gaze perfecte, e. *amestecului de gaze perfecte* va fi $H_{am}=\sum_{j=1}^{n} r_j H_j$, în care H_j reprezintă entalpia componentului j. Dacă e. componenților este raportată la numărul de kilomoli ai componenților (e. molară), e. amestecului va fi: $H_{M\,am}=\sum_{j=1}^{n} r_j\cdot H_{M\,j,\,n}$, în care r_j este participația volumetrică (molară) a fiecărui component. Pentru 1 kg de amestec, e. este $h_{am}=\sum_{j=1}^{n} g_j\cdot h_j$, în care g_j este participația masică a componenților amestecului. În aceste cazuri, s-a considerat că e. nu depinde de presiune, ci este o funcție numai de temperatură.

Scanned with OKEN Scanner

E. *amestecului de gaze reale* este o funcție de volumul specific și de temperatura amestecului și se poate calcula cu relația (pentru 1 kg de amestec):

$$h_{am}=\sum_{j-1}^{n} g_j \cdot h_j \ [\text{Jkg}]$$

în care h_j reprezintă e. fiecărui component din amestec, în funcție de volumul său specific aflat într-o cantitate de n kilomoli în volumul amestecului V, la temperatura sa absolută T.

E. *sistemelor bifazice* se calculează în mod similar. Dacă procesele au loc la $p=$const. și dacă temperatura componenților finali este aceeași ca temperatura inițială a sistemului, variația e. este egală cu diferența dintre e. finală și cea inițială. La procesele exoterme, variația e. este negativă, iar la cele endoterme, pozitivă. Introducînd în locul variației numărului de moli o variabilă adimensională, denumită coordonată de reacție, variația e. la reacțiile chimice, de exemplu în cazul arderii combustibililor, este:

$$\mathrm{d}H=\left(\sum_{j=1}^{n} r_j H_j-\sum_{j=1}^{n} r_i H_i\right)\mathrm{d}\xi,$$

în care r_j sînt participațiile volumice, iar e. sînt raportate la kilomoli. La o reacție completă, se obține e. de reacție:

$$\Delta H=\sum_{j=1}^{n} r_i H_i-\sum_{i=1}^{n} r_i H_i.$$

E. *liberă* este o funcție de stare termodinamică, egală cu diferența dintre e. și produsul dintre temperatura absolută și entropie:

$$G=H-TS \quad [\text{J}],$$

cunoscută sub numele de *potențial izoterm-izobar* sau *potențialul Gibbs*. Diferențiind și înlocuind cu expresia matematică a principiului I al termodinamicii rezultă:

$$\mathrm{d}G=\left(\frac{\partial G}{\partial T}\right)_p \mathrm{d}T+\left(\frac{\partial G}{\partial p}\right)_T \mathrm{d}p,$$

din care se obține una din relațiile lui Maxwell:

$$\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p=-\left(\frac{\partial S}{\partial p}\right)_T$$

cu care se pot determina toate proprietățile sistemului.

În caz general:

$$\mathrm{d}G \leqslant V\mathrm{d}p-S\mathrm{d}T,$$

unde semnul egal este pentru procese reversibile, iar semnul mai mic, pentru cele ireversibile. La sistemele izoterme, relația devine:

$$L_{t_{1,2}} \leqslant G_1-G_2,$$

în care lucrul mecanic tehnic al sistemului este cel mult egal cu diferența dintre potențialul inițial și cel final.

Dacă $T=0$ și $p=0$, atunci $\mathrm{d}G \leqslant 0$.

Pentru sistemele care fac schimb de masă cu exteriorul, potențialul Gibbs devine:

$$G^r=\sum_{j=1}^{n} m_j \cdot G_j^r,$$

în care m_j reprezintă masa componentului j, iar G_j^r potențialul Gibbs al componentului j, raportat la masă. Acesta mai este cunoscut sub numele de *potențial chimic*.

E. are o largă utilizare, ca de exemplu: la studiul exergiei și anergiei, în termodinamica proceselor de ardere, la studiul instalațiilor energetice cu abur, la procesele de curgere (laminarea) etc. Pentru gazele reale, există tabele și diagrame, unde în funcție de presiune și temperatură se dau valorile e. În cazul vaporilor umezi, o stare dată este caracterizată prin e.: $h=h'+x(h''-h')$, în care: x este titlul vaporilor; h' — e. lichidului la saturație și h'' — e. vaporilor saturați uscați; h' și h'' se citesc din tabele pentru presiunea și temperatura de lucru.

ENTROPIE. Mărime de stare, care exprimă posibilitatea de evoluție a unui sistem între două stări de echilibru. Ea nu poate fi direct măsurată și depinde de natura fizică a sistemului termodinamic.

Deoarece termodinamica studiază, în special, aspectul energetic de transformare a materiei, noțiunea de e. este foarte utilă, ea putînd să evidențieze caracterul reversibil sau ireversibil al transformărilor.

Considerînd un ciclu Carnot reversibil, format din două izoterme și două adiabate, randamentul ciclului este $\eta=1-\frac{|Q_2|}{Q_1}$, unde Q_1 reprezintă căldura primită pe izoterma T_1, iar Q_2, valoarea absolută a căldurii cedate pe izoterma T_2 ($T_1>T_2$). Între valorile căldurilor schimbate și temperaturi există relația:

$$\frac{Q_1}{T_1}=\frac{|Q_2|}{T_2},$$

sau pentru un ciclu oarecare, descompus în cicluri Carnot elementare se poate scrie:

$$\oint \frac{\mathrm{d}Q}{T}=0.$$

Această expresie arată că $\frac{\mathrm{d}Q}{T}$ este o diferențială totală exactă și ea reprezintă tocmai variația de e.:

$$\mathrm{d}S=\frac{\mathrm{d}Q}{T} \quad [\text{J/k}].$$

Scanned with OKEN Scanner

Ţinînd seamă de ireversibilitatea proceselor termodinamice, variaţia infinit mică de e. pentru o transformare oarecare este:

$$dS = \frac{dQ_r}{T} + dS_i,$$

unde dQ_r reprezintă căldura schimbată reversibil la temperatura T, iar dS_i — sursa internă de e. determinată de ireversibilitate.

Valoarea cantităţii de căldură depinde de natura procesului termodinamic, astfel că variaţia infinit mică de e. corespunzătoare unui proces termodinamic reversibil în raport cu variabilele p şi v este:

$$ds = \frac{dS}{m} = \frac{1}{T}\left[c_p\left(\frac{\partial T}{\partial v}\right)_p dv + c_v - \left(\frac{\partial T}{\partial p}\right)_v dp\right],$$

în care m reprezintă masa sistemului, iar c_p şi c_v căldura specifică la presiune şi volum constant.

Pentru gazele perfecte, expresia de mai sus devine:

$$ds = c_p \frac{dv}{v} + c_v \frac{dp}{p},$$

iar în particular, pentru procesele izobare (p=const.), respectiv izocore (v=const.), se poate scrie:

$$ds = c_p \frac{dT}{T} \quad \text{şi} \quad ds = c_v \frac{dT}{T}.$$

Pentru a calcula valoarea absolută a e., trebuie stabilită valoarea ei la zero absolut, recurgînd astfel la *principiul lui Nernst* (1906). Acest al treilea principiu al termodinamicii, formulat de Nernst, precizează că pentru toate corpurile cristaline e. este egală cu zero, atunci cînd temperatura tinde spre zero absolut.

Atunci cînd la realizarea unui proces termodinamic participă sisteme formate dintr-un număr mare de particule, se recurge la o analiză statistică şi la calculul probabilităţilor. Probabilitatea de realizare a unui eveniment este definită ca raportul dintre numărul favorabil de evenimente şi numărul de evenimente posibile. Astfel, probabilitatea ca două gaze care se găsesc în recipiente distincte, legate printr-o conductă pe care se află un robinet, să se amestece uniform, după deschiderea robinetului, prezintă certitudine, deci probabilitatea este egală cu unitatea. În schimb, probabilitatea ca cele două gaze să se separe din nou este dată de expresia:

$$P = P_1 \cdot P_2 = \left(\frac{1}{2}\right)^{n_1} \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{n_2} = \left(\frac{1}{2}\right)^{n},$$

unde $n = n_1 + n_2$ reprezintă numărul total de molecule din cele două gaze. Ţinînd seamă de valoarea ridicată a numărului de molecule din fiecare gaz, rezultă că probabilitatea de separare de la sine a celor două gaze devine neglijabilă.

E. este o mărime aditivă, iar probabilitatea de realizare a unui eveniment compus este egală cu produsul probabilităţilor evenimentelor simple; de aici, rezultă că funcţia de legătură şi probabilitate are forma:

$$S = k \cdot \ln P,$$

unde k reprezintă constanta lui Boltzmann.

Pentru codificarea informaţiilor, în jurul anului 1930, s-a făcut o legătură între e. şi sursa de informaţie. Raportul între noţiunea de e., utilizată în termodinamică şi cea din teoria informaţiei poate fi înţeles prin intermediul unui exemplu: dacă se consideră un sistem termodinamic în condiţii date de presiune, volum şi temperatură, valoarea corespunzătoare a e. poate fi calculată. Dacă temperatura scade, e. se micşorează şi la limită, cînd $T=0$, e. este nulă (conform principiului al treilea al termodinamicii), ceea ce echivalează cu o imobilizare a particulelor, deci cu o ordine perfectă în masa de gaz; aceasta constituie o informaţie. Se poate păstra şi legătura între e. şi probabilitatea de a alege un eveniment din cîteva posibile, ceea ce echivalează cu o informaţie completă asupra desfăşurării unui proces.

EPURAREA APEI. Operaţiile de îndepărtare din apă a unor substanţe (minerale sau organice, în stare de suspensie coloidală sau dizolvată) care o fac improprie unei anumite utilizări.

Procedeele de **e.a.** pot fi fizice (degazare, electroosmoză, distilare, iradiere cu radiaţii ultraviolete sau radioactive, decantare, filtrare, tratare termomecanică, degresare), chimice (schimb de ioni, procedee termochimice, absorbţie, utilizare de agenţi chimici) sau biologice.

Principalele domenii de aplicare a **e. a.** sînt următoarele:

— **e. a.** industriale (apele pentru alimentarea generatoarelor de abur, apa de răcire în schimbătoarele de căldură, apele utilizate ca solvenţi), care se realizează prin micşorarea durităţii apei sau prin demineralizare;

— **e. a.** potabile, care se realizează prin decantare, coagulare, filtrare şi sterilizare;

— **e. a.** reziduale, realizabilă prin decantare, filtrare şi eventual, neutralizare chimică a unor componenţi nocivi.

(v. şi Degazare; Demineralizarea apei; Distilare; Duritatea apei).

ERG (erg). Unitate de măsură pentru lucru mecanic şi energie în sistemul de unităţi CGS.

Scanned with OKEN Scanner

Se defineşte ca lucrul mecanic efectuat de o forţă de o dynă al cărui punct de aplicaţie se deplasează cu 1 cm în direcţia şi sensul forţei.

Relaţii de echivalenţă cu alte unităţi de măsură:

$$1 \text{ erg} = 10^{-7} \text{J} = 2{,}77778 \cdot 10^{-11} \text{ Wh} = 1{,}01072 \cdot$$

$$\cdot 10^{-8} \text{ kgfm} = 2{,}38846 \cdot 10^{-8} \text{ cal} = 9{,}47817 \cdot$$

$$\cdot 10^{-11} \text{ BTU.}$$

EŞAPAMENT. Ansamblu de piese prin care se evacuează gazele de ardere dintr-un motor cu ardere internă.

Scopul **e.** este acela de a îndepărta gazele arse fierbinţi din motor şi de a atenua zgomotul produs prin destinderea bruscă a acestora.

E. are următoarele componente: colectorul de evacuare, toba de amortizare (tobă de eşapament) şi ţeava de evacuare (ţeavă de eşapament). *Colectorul de evacuare* cumulează într-o conductă gazele de evacuare de la toţi cilindrii. În acest sens, el este prevăzut cu un număr de ramificaţii egal cu numărul de cilindri ai motorului şi se asamblează la blocul motor. *Toba de amortizare* (*toba de eşapament*) asigură detenta gazelor arse înainte de eliminarea lor în atmosferă, atenuînd zgomotul produs. *Ţeava de evacuare* (*ţeava de eşapament*) are rolul de a conduce gazele de evacuare în atmosferă.

În general, prezenţa **e.** duce la o micşorare a puterii motorului. Dimensionarea şi construcţia **e.** influenţează puterea dezvoltată de motor şi buna lui funcţionare, în special la motoarele în doi timpi (Soluţii constructive — v. Colector de gaze — evacuare).

ETALON. Unitate sau instrument de măsură, care serveşte la reproducerea unităţilor de măsură cu precizie metrologică (cea mai înaltă pentru o măsurare), valabilă într-un anumit stadiu al tehnicii de măsurare. **E.** trebuie să fie invariabil în spaţiu şi timp, uşor utilizabil în tehnică şi reproductibil. În metrologie, se stabileşte un sistem de mărimi-etalon pentru unităţile fundamentale. **E.** pot fi: **internaţionale** (recunoscute pe plan internaţional de un grup de state şi păstrate la sediul unui birou metrologic internaţional; ex.: metrul-etalon şi kilogramul-etalon se păstrează la Biroul Internaţional de Măsuri şi Greutăţi din Franţa); **naţionale sau de stat,** reproduceri cît mai exacte ale **e.** internaţionale, aflate în fiecare ţară membră a organizaţiei metrologice internaţionale respective (după acestea se fac reproduceri pe plan naţional, obţinînd **e.** de lucru).

ETANŞARE. Operaţie prin care se împiedică trecerea diferitelor fluide sau particule printre interstiţiile dintre piesele care separă spaţii învecinate, cuprinzînd medii cu presiuni diferite.

O **e.** bună trebuie să împiedice sau să limiteze pierderile de fluid, să evite distrugerea elementelor de etanşare sub acţiunea corosivă sau erozivă a fluidelor, precum şi poluarea mediului din cauza pierderii de componenţi nocivi în atmosferă. De asemenea, **e.** trebuie să evite uzura organelor supuse frecării, datorită acţiunii nefavorabile a impurităţilor care pătrund din exterior. **E.** trebuie să confere şi siguranţă în exploatare, cerinţă impusă, în primul rînd, de calităţile de rezistenţă ale organelor de **e.,** şi anume — durabilitatea materialelor şi rezistenţa lor la uzură şi la acţiunea factorilor chimici, dar şi de conductivitatea termică şi elasticitatea materialului de **e. E.** se realizează atît împotriva pierderilor de fluid, cît şi împotriva pătrunderii agenţilor exteriori cu efecte defavorabile.

Din punct de vedere al *contactului dintre suprafaţa pieselor* şi *a garniturii de* **e.,** se deosebesc două tipuri de **e.: e. cu contact,** care se realizează fie prin contactul direct al suprafeţelor pieselor, fie prin contactul acestora cu un element intermediar care constituie garnitura de **e.; e. fără contact,** care se realizează prin forma interstiţiului dintre cele două suprafeţe.

Din punct de vedere al *mişcării relative dintre suprafeţele pieselor* între care se realizează **e.,** pot fi: **e. fixe,** la care nu există mişcare între suprafeţele pieselor şi **e. mobile,** la care există mişcare între suprafeţele pieselor, mişcare ce poate fi de rotaţie sau de translaţie.

După *modul de obţinere a presiunii* necesare, **e.** cu contact la piesele aflate în mişcare pot fi: **e.** la care acţiunea de **e.** are loc sub efectul unei forţe exterioare; **e.** la care acţiunea de **e.** are loc sub efectul unei forţe interioare; **e.** de protecţie.

De asemenea, după *forma suprafeţelor pieselor,* se deosebesc: **e. plane, cilindrice, conice, sferice.**

Modul de lucru al unei **e.** cu contact, prin garnituri fixe, se bazează pe apropierea, datorită forţelor de presare aplicate, a suprafeţelor de contact ale celor două piese între care se realizează **e.** de suprafeţele adiacente ale garniturii de **e.** intercalate. Materialul garniturii de **e.** pătrunde între rugozităţile suprafeţelor de contact ale pieselor şi compensează abaterile macrogeometrice şi microgeometrice ale acestora.

La o presetupă, deci **e.** mobilă cu contact, garniturile sînt presate suplimentar printr-o piesă de presare, în direcţia axială, pentru a se realiza o deformare a lor în direcţie radială. Prin această deformare, garniturile sînt puse în contact şi presate radial pe arbore şi pe suprafaţa interioară a locaşului în aşa fel, încît în-

Scanned with OKEN Scanner

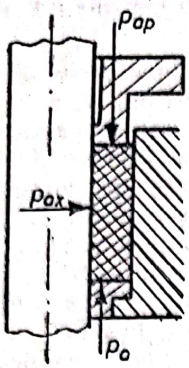


Fig. E.32. Etanşare mobilă cu contact (presetupă): p_{ax} — presare axială; p_{ap} — presare de apăsare; p_o — presare pe umărul de sprijin.

terstiţiile dintre acestea să fie micşorate, pînă cînd se realizează etanşarea (fig. E.32).

La e. radiale cu inele rgide, cu arc, garniturile din mai multe bucăţi sînt strînse pe arborele în rotaţie (al unui motor cu ardere internă) cu ajutorul arcurilor. Presiunea fluidului etanşat produce un efect de e. Presiunea fluidului scurs prin neetanşeitate scade după fiecare inel (fig. E.33).

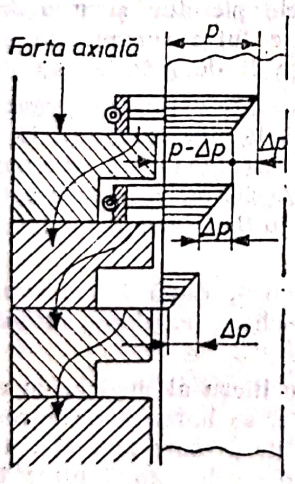


Fig. E.33. Etanşare radială cu inele rigide cu arc.

La e. cu garnituri elastice prin contact, acţiunea de e. se datorează forţelor interioare. Prin montarea garniturii în locaşul său cu o deformare elastică, se creează local o presiune iniţială de e. (fig. 34 a). În momentul în care apare presiunea mediului etanşat, se măreşte automat forţa cu care se presează garnitura pe suprafaţa faţă de care se produce e. (fig. 34 b, c).

La ansamblurile de piese în mişcare relativă, cum sînt arborii de rotaţie sau tijele în mişcare de translaţie, la care este necesară separarea etanşă a unor spaţii conţinînd medii de natură sau presiuni diferite, e. se obţine, în majoritatea cazurilor, prin închiderea sau reducerea la minimum a interstiţiului dintre suprafeţele pieselor aflate în mişcare sau în repaus relativ. Interstiţiul necesar se poate realiza fie prin închiderea spaţiului dintre cele două grupe de piese printr-o garnitură avînd prin presare un contact cu aceste piese, fie prin menţinerea unui interstaţiu determinat, fără contact între cele două grupe de piese. În felul acesta, se deosebesc e. mobile prin garnituri cu contact şi fără contact. Dintre e. prin garnituri cu contact la care procesul de etanşare este realizat, în principal, sub acţiunea forţelor provenite de la însuşi fluidul de etanşat, fac parte şi segmenţii metalici între pistoane şi cilindru, la motoarele cu ardere internă. În funcţionare, segmentul exercită între suprafaţa sa de lucru cilindrică şi suprafaţa cilindrului o presare, care poate fi realizată datorită elasticităţii proprii a segmentului.

E. fără contact se folosesc în cazurile în care trebuie să se evite contactul între cele două piese de etanşat. Înlăturarea contactului dintre piese duce la creerea unui interstiţiu prin care trece un anumit debit de fluid, iar pentru micşorarea acestui debit se reduce la minimum admisibil dimensiunea interstiţiului şi se măreşte rezistenţa la scurgere a acestuia, prin adoptarea unui canal de formă corespunzătoare. Dintre aceste e. fac parte şi e. cu labirinţi, care au in-terstiţiul dintre părţile rotitoare şi celefixe format dintr-o serie de strangulări, urmate de cîte un spaţiu lărgit brusc (fig. E.35). E. cu labirinţi se folosesc, în general, în cazul fluidelor compresibile, la turbine cu abur sau gaz, turbocompresoare, turbosuflante.

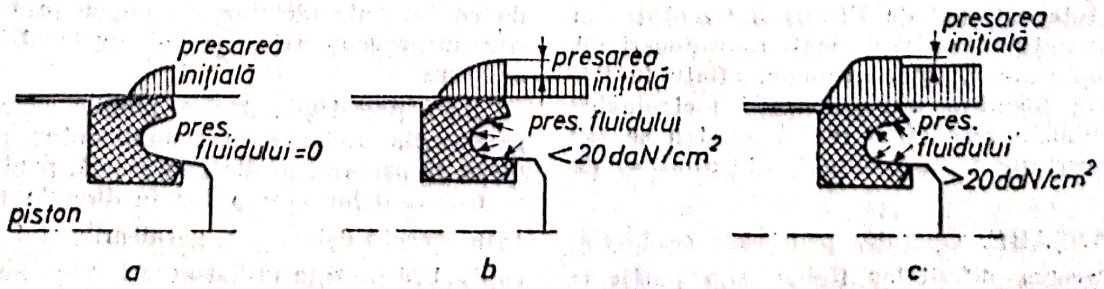


Fig. E.34. Etanşări cu garnituri elastice prin contact.

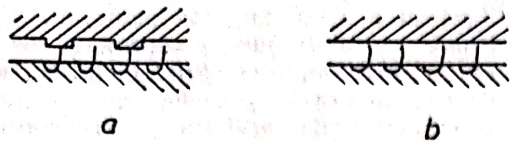


Fig. E.35. Scheme de etanşări cu labirinţi.

ETEROGEN (Sistem). Sistem constituit din două sau mai multe faze. Faza este un domeniu omogen al sistemului, constituit din una sau mai multe substanţe fără suprafeţe de separaţie între ele, cu proprietăţi fizice şi chimice identice în întreaga masă, aflată la aceeaşi temperatură şi presiune. Fazele unui **s. e.** sînt separate prin suprafeţe netede şi se deosebesc prin proprietăţi macroscopice, la suprafaţă avînd loc un salt brusc al proprietăţilor.

În funcţie de numărul fazelor, se deosebesc **s.e. bifazice** şi **polifazice.**

După dimensiunea fazelor, **s. e.** se împart în: **macroeterogene, microeterogene** şi **ultramicroeterogene.** Faza aflată în cantitate mai mare se numeşte *fază sau mediu de dispersie,* iar cea în cantitate mai mică, *fază sau mediu dispers(ă).* Noţiunea de sistem dispers ia în considerare doar dimensiunea fazei disperse. După această nomenclatură, sistemele de mai sus se vor numi respectiv: grosier disperse (raza fazei disperse 10^{-3} cm), cu dispersie medie (raza fazei disperse cuprinsă între 10^{-5} şi 10^{-3} cm) şi coloidale (raza fazei disperse cuprinsă între 10^{-5} şi 10^{-7} cm). Odată cu micşorarea fazei disperse are loc mărirea suprafeţei interfazice. Stabilitatea cinetică a acestor sisteme depinde de raza fazei disperse şi scade cu creşterea ei.

În funcţie de starea de agregare a mediului de dispersie şi a fazei disperse, **s.e. bifazice** se împart în 8 clase:

— g a z - l i c h i d (aeroemulsii, ceaţă);
— g a z - s o l i d (aerosoli, aerosuspensii);
— l i c h i d - g a z (spume umede);
— l i c h i d - l i c h i d (emulsii, microemulsii);
— l i c h i d - s o l i d (suspensii, soluţii suprasaturate);
— s o l i d - g a z (xerigeluri, sisteme capilare);
— s o l i d - l i c h i d (liogeluri);
— s o l i d - s o l i d (amestecuri de substanţe solide, sticle colorate); la aceste **s. e.,** numărul fazelor este egal cu numărul componentelor.

EVAPORARE. Transformare a unui lichid în vapori numai prin suprafaţa liberă de separaţie, la o temperatură inferioară temperaturii de fierbere corespunzătoare presiunii lichidului.

Fenomenul **e.** se explică în cadrul teoriei cinetico-moleculare prin faptul, că moleculele posedă în lichid, ca şi în gaz, energii diferite de valoarea medie, dependente de temperatura T. Ca urmare, la orice temperatură T, în lichid se găsesc molecule cu o viteză atît de mare, încît atunci cînd se apropie de suprafaţa lichidului, pot să învingă forţa de coeziune dintre moleculele vecine şi, străbătînd stratul superficial, să iasă afară din lichid. Cu cît temperatura lichidului este mai ridicată, cu atît este mai mare şi numărul moleculelor cu viteze mari şi, prin urmare, cu atît **e.** se face mai intens. Moleculele cu viteze ridicate care părăsesc lichidul în timpul **e.** consumă o parte din energia lor pentru efectuarea lucrului mecanic de rupere a forţelor de coeziune care menţin moleculele în interiorul lichidului. Ca urmare, rezultă că energia medie a moleculelor care au rămas în lichid descreşte, respectiv lichidul se răceşte. Pentru a menţine lichidul în timpul **e.** la o temperatură constantă, trebuie ca acestuia să i se transmită din exterior căldură, care poartă denumirea de *căldură latentă de* **e.** Căldura latentă molară de evaporare a lichidelor este cuprinsă între 20—40 kJ/mol.

Presiunea exercitată de moleculele unui lichid din faza gazoasă se numeşte *presiune de vapori.* O parte din moleculele care au ieşit din lichid se împrăştie în spaţiu, iar cealaltă parte, datorită ciocnirii cu alte molecule de vapori, se îndreaptă spre suprafaţa lichidului şi pătrund înapoi în lichid.

Cînd **e.** se produce într-un spaţiu limitat, densitatea vaporilor creşte pînă cînd se stabileşte un *echilibru dinamic,* la care numărul moleculelor care ies din lichid este egal cu al celor care intră în lichid. Această situaţie poartă numele de *stare de saturaţie,* vaporii saturaţi fiind în echilibru dinamic cu lichidul din care s-au format. Presiunea vaporilor în starea de saturaţie se numeşte *presiune de saturaţie.* Presiunea de saturaţie creşte cu temperatura, atingînd valoarea limită la punctul critic al lichidului respectiv. Variaţia presiunii de saturaţie a unui lichid cu temperatura este dată de ecuaţia lui Clausius-Clapeyron:

$$\frac{dp}{dT} = \frac{r}{T(v''-v')},$$

unde: p este presiunea de saturaţie [N/m²]; T — temperatura absolută [K]; r — căldura latentă specifică de evaporare [J/kg]; v'', v' — volumul specific al vaporilor, respectiv al lichidului [m³/kg]. Cînd temperatura lichidului se apropie de temperatura punctului critic T_{cr}, forţele de coeziune moleculară tind către zero, deoarece volumele specifice v'' şi v' tind să devină egale.

Viteza de **e.** G_{ev} (cantitatea de lichid evaporată în unitatea de timp) a unui lichid este proporţională cu aria S a suprafeţei libere a lichidului, cu diferenţa dintre presiunea de saturaţie la o anumită temperatură p_s şi presiunea parţială a vaporilor nesaturaţi p_v şi este invers

proporţională cu presiunea p a gazului în care se evaporă lichidul:

$$G_{ev} = AS\frac{p_s - p_v}{p},$$

în care G_{ev} se exprimă în kg/s, S, în m², iar p_s, p_v şi p, în N/m². Coeficientul de proporţionalitate A depinde de natura lichidului şi are semnificaţia unei evaporări specifice, fiind exprimat în kg/m²·s.

Diferenţa $p_s - p_v$ se numeşte *factor de* e. Odată cu mărirea temperaturii, e. se accelerează, datorită creşterii presiunii de saturaţie. Într-un spaţiu saturat cu vapori, e. este nulă, deoarece $p_s = p_v$. **E.** unui lichid într-un spaţiu mare este intensificată de existenţa unor curenţi care deplasează vaporii formaţi în apropierea suprafeţei libere a lichidului.

Viteza de e. este proprie fiecărui lichid. În tabelul E.2 se prezintă pentru unele lichide presiunea de saturaţie la temperatura ambiantă. Cu cît presiunea de saturaţie p_s la o temperatură este mai ridicată, cu atît este mai mare viteza de e. a lichidului respectiv. Lichidele cu valori G_{ev} ridicate (eterul dietilic, acetona, tetraclorura de carbon etc.) se numesc volatile, iar cele cu G_{ev} scăzute (glicerina, uleiurile etc.) se numesc nevolatile.

Tabelul E.2

Presiunea de saturaţie a unor lichide la temperatura de 20°C

Lichidul	Presiunea de saturaţie [bar]
Apă	0,02337
Alcool metilic	0,10315
Alcool etilic	0,05714
Eter dietilic	0,5864
Acetonă	0,2427
Benzină	0,1067
Tetraclorură de carbon	0,1194
Amoniac	8,6143
Freon — 12	5,739
Glicerină (la 125,5°C)	0,00133
Mercur	$1{,}73 \cdot 10^{-6}$

Ca fenomen fizic, e. îşi găseşte, relativ, puţine aplicaţii industriale, datorită intensităţii reduse a procesului.

Proprietatea lichidelor de a se răci prin e., aplicată lichidelor volatile, reprezintă o metodă de obţinere a temperaturilor scăzute.

EVAPORATOR. Aparat sau instalaţie în care se realizează evaporarea unui lichid, în vederea concentrării unei soluţii, prin îndepărtarea unei părţi din solvent care este de cele mai multe ori apa (spre deosebire de instalaţiile de distilare în care se produce tot o evaporare prin fierbere, scopul principal fiind acela de separare în componenţi a amestecului de vapori rezultaţi).

Clasificarea e. se face, în principal, după următoarele criterii: poziţia suprafeţei de încălzire — verticale, orizontale, înclinate; modul de funcţionare — periodice sau continue; forma suprafeţei de încălzire — cu manta şi serpentină, cu ţevi netede sau cu nervuri, cu ţevi drepte, scurte sau lungi; regimul de circulaţie — cu circulaţie naturală sau forţată; tipul circulaţiei — cu circulaţie multiplă sau cu circulaţie simplă; presiunea de lucru — atmosferice, sub presiune, sau sub vid; tipul agentului de încălzire — cu agenţi lichizi, cu abur, electrică, cu gaze; numărul de corpuri — dintr un singur corp sau din mai multe corpuri.

Dintre tipurile de aparate evaporatoare cea mare răspîndire o au cele încălzite cu abur.

E. cu manta de abur (fig. E.36) se construiesc pentru funcţionare intermitentă, pentru concentrarea unei soluţii agresive sau la care apar cristale în procesul vaporizării. Aceste aparate au dezavantajul funcţionării cu un coeficient de schimb de căldură scăzut, o productivitate redusă şi un consum ridicat de metal.

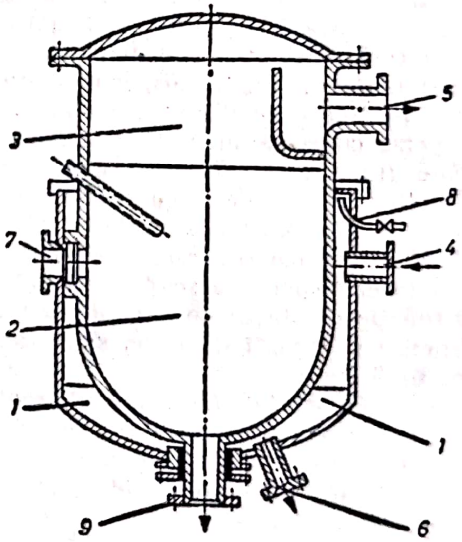


Fig. E.36. Evaporator cu manta de abur:
1 — manta de abur; *2* — soluţie în curs de evaporare; *3* — spaţiul aburului secundar; *4* — intrarea aburului primar; *5* — ieşirea aburului secundar; *6* — ieşirea condensatului; *7* — fereastră de vizitare; *8* — evacuarea gazelor necondensabile; *9* — evacuarea soluţiei concentrate.

E. cu serpentine de încălzire (fig. E.37) au o suprafaţă de schimb de căldură mai ridicată decît cele cu manta de încălzire, iar coeficientul de transfer de căldură este mai ridicat. Aceste aparate au dezavantajul curăţării dificile a serpentinei de depunerile de substanţe cristaline. Atît e. cu manta de abur, cît şi cele cu serpentine se folosesc pentru soluţii care dau depu-

Scanned with OKEN Scanner

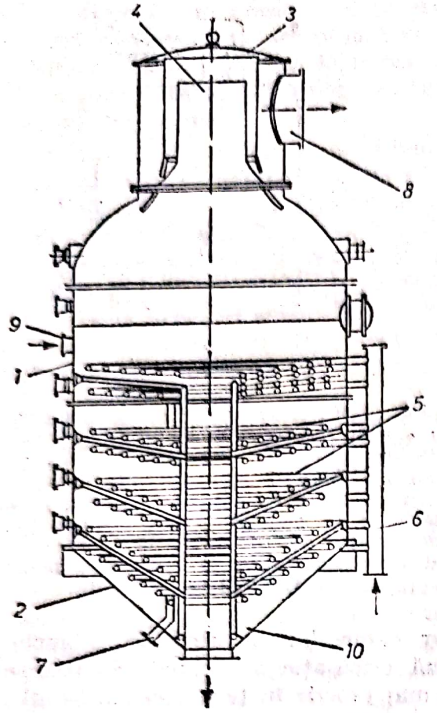


Fig. E.37. Exaporator cu serpentine de încălzire:

1 — corpul aparatului; *2* — pîlnie de evacuare; *3* — capac; *4* — separator; *5* — serpentină de încălzire; *6* — colector de abur primar; *7* — evacuarea condensatului; *8* — ieşirea aburului secundar; *9* — intrarea soluţiei diluate; *10* — evacuarea soluţiei concentrate.

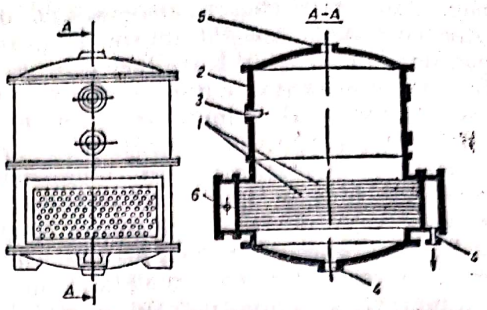


Fig. E.38. Evaporator cu ţevi orizontale:

1 — ţevi de încălzire; *2* — corpul aparatului; *3* — intrarea soluţiei diluate; *4* — evacuarea soluţiei concentrate; *5* — evacuarea condensatului; *6* — intrarea aburului primar.

neri de substanţe solide sau sînt corosive, în acest caz fiind căptuşite cu materiale rezistente la coroziune.

E. cu ţevi orizontale (fig. E.38) sînt aparate la care aburul de încălzire circulă prin interiorul ţevilor, iar soluţia care se concentrează umple spaţiul dintre ţevi. Aceste e. se utilizează în special pentru evaporarea soluţiilor care nu cristalizează. Dezavantajul acestor aparate constă în slaba circulaţie a soluţiei, ceea ce favorizează depunerile în spaţiul dintre ţevi, curăţarea suprafeţei fiind foarte dificilă.

E. cu cameră separată de încălzire se utilizează pentru evaporarea soluţiilor concentrate care cristalizează (fig. E.39). Ele au cameră separată de încălzire care poate fi amplasată orizontal (*a*) sau înclinat (*b*). La aparatele cu

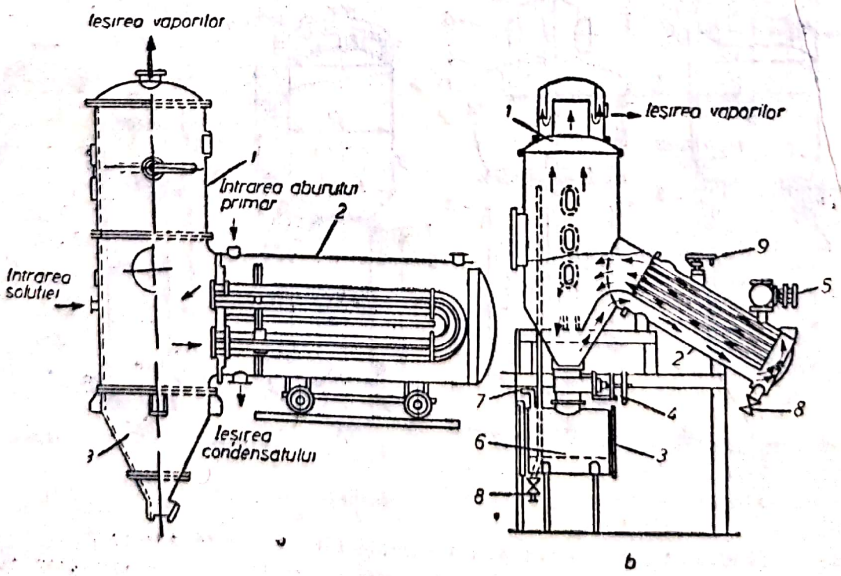


Fig. E.39. Evaporator cu cameră separată de încălzire:
a — evaporator cu cameră de încălzire orizontală; *b* — evaporator cu cameră de încălzire înclinată; *1* — separator; *2* — cameră de încălzire; *3* — separator de cristale; *4* — ventil separator; *5* — ventil de abur; *6* — sită; *7* — alimentare cu abur pentru spălare; *8* — golire; *9* — supapă de siguranţă.

cameră orizontală (fig. E.39 a), aburul de încălzire circulă în spațiul dintre țevi, soluția vaporizînd în interiorul țevilor, ceea ce constituie un dezavantaj datorită apariției depunerilor de vapori care înrăutățesc schimbul de căldură și circulația, mai ales în cazul circulației naturale. Instalația are un volum mare și necesită un consum specific ridicat de metal. Aparatele cu cameră de încălzire înclinată (fig. E.39 b) ocupă un volum mai mic și, datorită înclinării țevilor, circulația soluției este mai bună, iar schimbul de căldură mai intens.

E. verticale cu circulația naturală sînt aparate la care circulația soluției are loc pe baza diferenței dintre densitatea lichidului și cea a emulsiei lichid-vapori din țevile de vaporizare. Multiplul de circulație este de circa 20—30. Din această categorie fac parte **e.** cu țevi scurte de tip Robert și **e.** cu cameră de încălzire coborîtă.

E. cu țevi scurte, tip Robert (fig. E.40), constau dintr-un fascicul tubular prins între două plăci și așezat la partea inferioară a unei mantale cilindrice verticale. Partea superioară a mantalei formează camera de evaporare, iar cea corespunzătoare fasciculului tubular, camera de încălzire. Înălțimea camerei de evaporare este mai mare decît cea a camerei de încălzire. Țevile au diametrul cuprins între 30 și 50 mm și lungimea între 0,2 și 2 m. Încălzirea se face cu abur, în spațiul din jurul țevilor camerei de încălzire. Soluția intră în zona superioară a camerei de încălzire. În centrul fasciculului tubular se află un tub central cu diametrul mult mai mare decît cel al

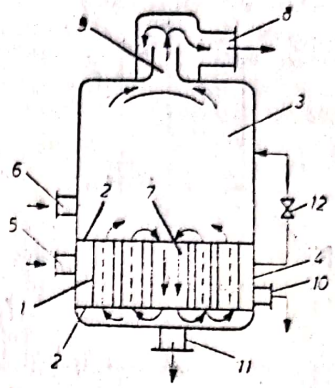


Fig. E.40. Evaporator cu țevi scurte:
1 — fascicul tubular; *2* — placă tubulară; *3* — cameră de fierbere; *4* — cameră de încălzire; *5* — racord pentru intrarea aburului; *6* — racord pentru intrarea soluției diluate; *7* — tub de circulație; *8* — racord pentru ieșirea vaporilor; *9* — separator de picături; *10* — racord pentru ieșirea condensatului; *11* — racord pentru ieșirea soluției concentrate.

țevilor camerelor de încălzire, asigurînd astfel o bună circulație a soluției. Soluția se încălzește mai repede în țevi decît în tubul central, ceea ce face ca în evaporator să existe două coloane de lichid cu densități diferite, fapt care determină circulația naturală a soluției în **e.** Astfel, soluția coboară prin tubul central și urcă prin țevi. Vaporii ies prin racordul de pe capacul superior după ce, în prealabil, au trecut prin separatorul de picături. Condensatul, rezultat din aburul de încălzire, se elimină prin racordul de condens de pe placa tubulară in-

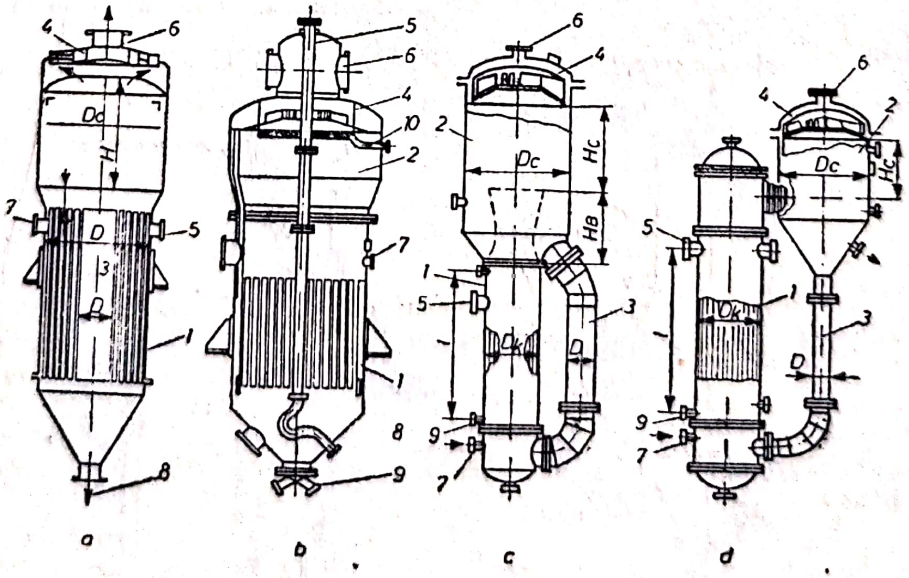


Fig. E.41. Evaporatoare verticale cu circulație naturală:
a — evaporator cu țeavă de circulație centrală; *b* — evaporator cu cameră de vaporizare suspendată; *c* — evaporator cu țeavă de circulație exterioară; *d* — evaporator cu separator și cu țeavă de circulație separată; *1* — cameră de încălzire; *2* — separator; *3* — țeavă de circulație; *4* — separator de picături; *5* — intrarea vaporilor; *6* — evacuarea gazelor; *7* — alimentare cu soluție diluată; *8* — ieșirea condensatului; *9* — evacuarea soluției; *10* — alimentare cu apă pentru spălarea aparatului.

ferioară. Gazele necondensabile se elimină din spațiul intertubular printr-un robinet în camera de evaporare. Se recomandă folosirea acestor aparate la concentrarea soluțiilor vîscoase și a celor ce dau depuneri.

Aceste tipuri de e. au fost îmbunătățite continuu, așa cum se vede în construcția prezentată în fig. E.41a, trecînd apoi la aparate cu cameră de evaporare suspendată (fig. E.41 b), la care coborîrea soluției se face prin spațiul inelar dintre corpul aparatului și fasciculul de țevi. În ultimul timp, e. verticale cu circulație naturală se realizează cu țevi evaporatoare lungi, pînă la 5 m, țevile de circulație fiind neîncălzite și scoase în afara corpului principal, ca în construcțiile prezentate în fig. E.41 c, d, realizîndu-se viteze de circulație mai mari (2—3 m/s) și intensificîndu-se astfel schimbul de căldură. Amestecul lichid-vapori trece prin separatorul de picături, vaporii uscați părăsind aparatul prin racordul de evacuare montat pe capacul superior; lichidul separat coboară prin țevile de circulație și își reia evaporarea. Pentru a asigura o funcționare continuă a instalației, se fabrică e. cu mai multe camere de evaporare (fig. E.42) astfel încît, cînd o cameră

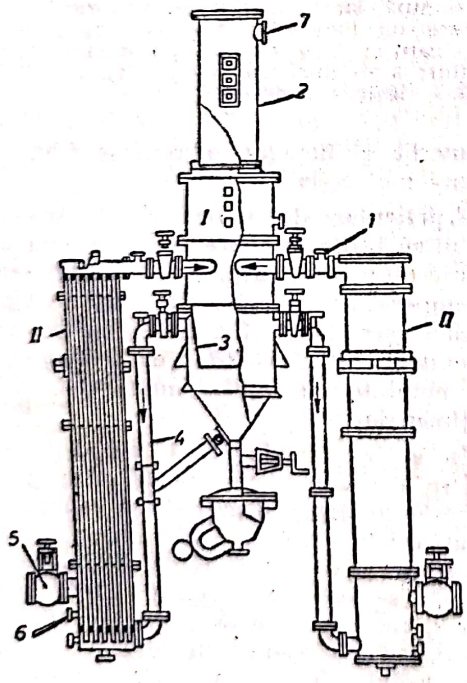


Fig. E.42. Evaporator cu două camere de evaporare:
I — corpul aparatului; *II* — camera de evaporare; *1* — țevi de legătură; *2* — separator; *3* — separator de cristale; *4* — țevi de circulație; *5* — alimentare cu abur; *6* — evacuarea condensatului; *7* — ieșirea vaporilor.

se curăță sau se repară, celelalte sînt în funcțiune. Intensitatea evaporării soluțiilor care cristalizează în aparatele cu circulație naturală este legată de frecvența de curățare a suprafețelor. Micșorarea depunerilor se face prin mărirea vitezei de circulație a soluției, ceea ce se realizează prin mărirea lungimii țevilor, sau prin evaporarea soluției în afara suprafeței de schimb de căldură. Aceste e. sînt de tipul cu cameră de încălzire coborîtă (fig. E.43) la care nivelul soluției în țeava de circulație se păstrează ridicat (de obicei la nivelul de ieșire a emulsiei în separator). Sub acțiunea coloanei de lichid în țevile vaporizatorului, presiunea crește și nu mai are loc vaporizarea soluției, ci numai încălzirea ei pînă la cîteva grade sub temperatura de saturație, ceea ce face ca pe țevile de încălzire să nu se mai depună cristale. Pe măsură ce soluția se ridică în țevi, presiunea scade, evaporarea începînd în stabilizator (care are rolul de a evita loviturile hidraulice) și continuînd în separator, unde se formează și cristalele care sînt evacuate prin țeava de circulație, la partea inferioară a aparatului.

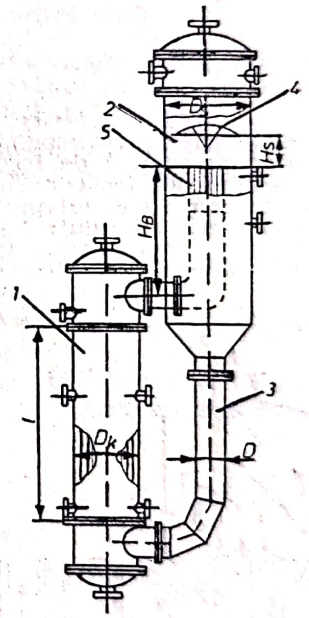


Fig. E.43. Evaporator cu cameră de încălzire coborîtă:
1 — cameră de încălzire; *2* — separator; *3* — țeavă de circulație; *4* — taler; *5* — stabilizator.

E. cu circulație forțată (fig. E.44) se utilizează, în special, pentru evaporarea soluțiilor vîscoase la care circulația naturală nu se poate realiza. Circulația este asigurată de o pompă de circulație al cărui tip se alege în funcție de caracteristicile soluției (mai ales în funcție de viscozitate), asigurîndu-se o viteză prin țevile de încălzire de 1,5—3,5 m/s. De asemenea, multiplul de circulație se menține ridicat pentru asigurarea unei viteze de circulație ridicate, ceea ce face ca în zona de evaporare

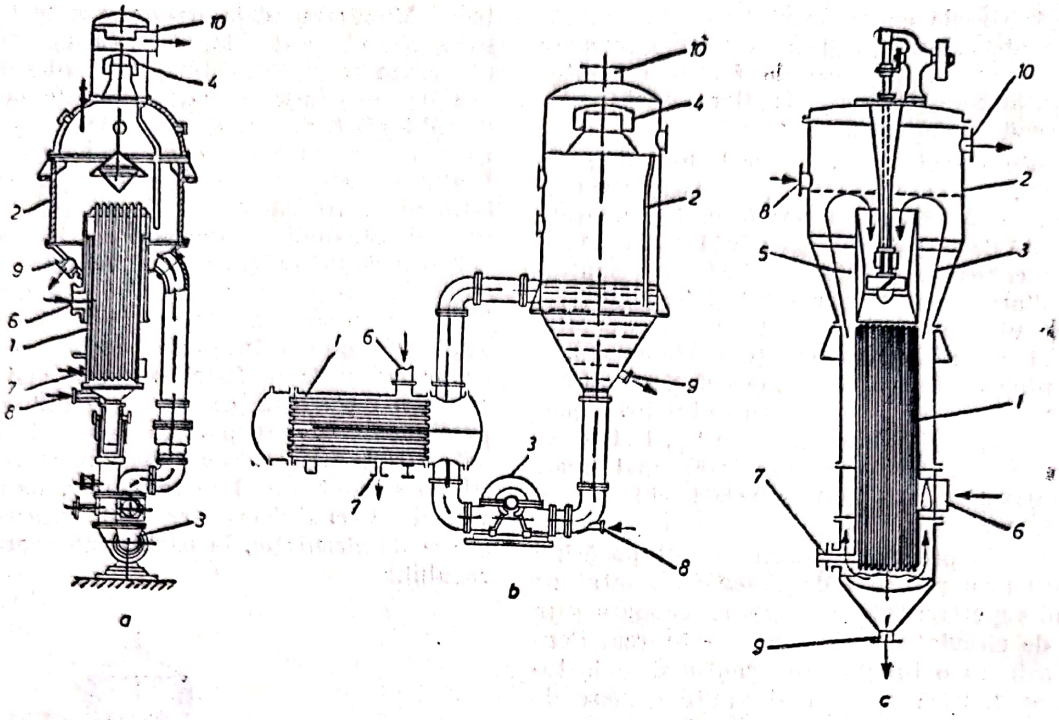


Fig. E.44. Evaporatoare cu circulaţie forţată:
a — evaporator cu cameră de încălzire verticală şi pompă interioară; *b* — evaporator cu cameră de încălzire suspendată şi pompă interioară; *c* — evaporator cu cameră de încălzire orizontală; *1* — cameră de încălzire; *2* — separator; *3* — pompă de circulaţie; *4* — separator de picături; *5* — depozit de dirijare; *6* — intrarea aburului; *7* — ieşirea condensatului; *8* — intrarea soluţiei diluate; *9* — ieşirea soluţiei concentrate; *10* — ieşirea vaporilor.

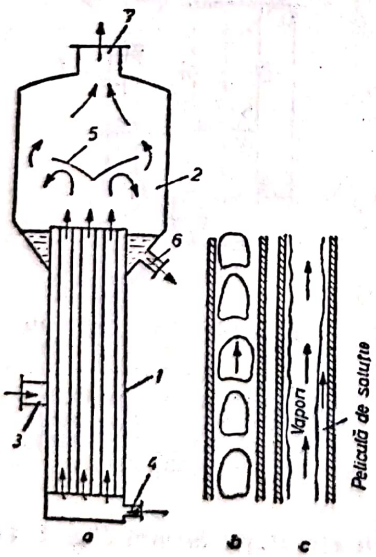


Fig. E.45. Evaporator cu peliculă ascendentă:
a — schema evaporatorului; *b* — bule ascendente de vapori; *c* — vapori în flux continuu; *1* — fascicul tubular vertical; *2* — cameră de vapori; *3* — intrarea soluţiei diluate; *4* — intrarea vaporilor; *5* — separator elicoidal; *6* — ieşirea soluţiei concentrate; *7* — ieşirea vaporilor.

depunerile să fie mai reduse, iar schimbul de căldură mai activ.

E. peliculare sînt aparate cu circulaţie simplă a soluţiei, utilizate pentru concentrarea soluţiilor care nu cristalizează. Aceste e. sînt sensibile la temperaturi ridicate. Ele sînt de tipul cu peliculă ascendentă (fig. E.45) sau cu peliculă descendentă (fig. E.46). Ţevile evaporatoare sînt umplute cu soluţie numai 1/4—1/5 din înălţimea lor.

La e. cu peliculă ascendentă, cînd se atinge temperatura de saturaţie, soluţia fierbe puternic, degajîndu-se vapori care se deplasează în sus (fig. E.45), antrenînd şi soluţia pe care o distribuie într-o peliculă subţire. Pelicula se deplasează cu o viteză pînă la 20 m/s, ceea ce duce la mărirea coeficientului de transfer de căldură prin convecţie (comparativ cu instalaţiile cu tub de circulaţie).

Amestecul lichid-vapori pătrunde într-un separator, vaporii ies prin racordul de evacuare, iar soluţia concentrată se colectează, fiind evacuată într-un alt e. pentru obţinerea unei concentraţii mai ridicate.

La e. cu peliculă descendentă (fig. E.46), soluţia se introduce la partea superioară a ţevilor, unde este distribuită sub formă de peliculă. Vaporii ies printr-un capăt al camerei de încălzire, rezultînd o curgere a aces-

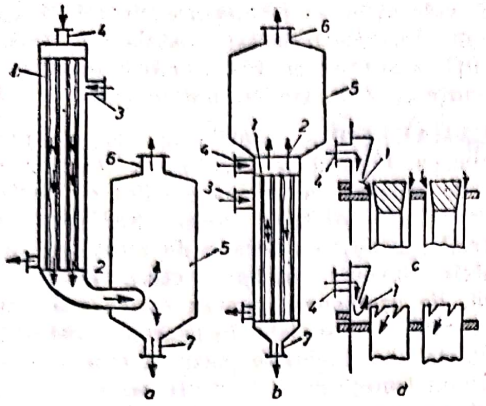


Fig. E.46. Evaporator cu peliculă descendentă:

a — evaporator în echicurent; *b* — evaporator în contracurent; *c* — formarea filmului la echicurent; *d* — revărsarea soluției pe suprafața țevilor în contracurent; *1* — placă tubulară superioară; *2* — capătul camerei de încălzire; *3* — intrarea aburului de încălzire; *4* — ieșirea soluției diluate; *5* — cameră de vapori; *6* — ieșirea vaporilor; *7* — ieșirea soluției concentrate.

tora în echicurent (fig. E.46 a) sau în contracurent (fig. E.46 b). Dezavantajul acestor e. față de cele cu film ascendent constă în asigurarea unei repartiții uniforme a lichidului la intrarea în țevi. Pentru echicurent, lichidul se introduce prin dispozitivul reprezentat în fig. E.46 c, iar la contracurent, se preferă alimentarea prin fante, tăiate înclinat la capătul de sus al țevilor (fig. E.46 d).

E. încălzite cu gaze se folosesc pentru încălzirea și vaporizarea pînă la concentrații ridicate a acizilor agresivi (acid clorhidric, sulfuric, fosforic), precum și a soluțiilor de clorură de calciu și magneziu, sulfat de cupru și fier etc. Instalația este prezentată în fig. E.47 și se numește instalație de evaporare cu arzătoare scufundate, la care căldura conținută de gazele de ardere a unui combustibil este transmisă direct soluției care se evaporă, fără intermediul unui perete despărțitor. Corpul aparatului se execută din oțel carbon și se placează în interior cu materiale rezistente la acizi; de asemenea, arzătoarele care se scufundă în soluție se execută din materiale rezistente la temperatură și la acizi. Aerul comprimat și combustibilul gazos se amestecă în camera arzătorului și apoi pătrund în camera de ardere a acestuia. Produsele de ardere ies din arzător și barbotează soluția pentru evaporare. Amestecul vapori-gaze obținut părăsește zona de evaporare și pătrunde într-un condensator de suprafață în care se separă vaporii ce condensează de gazele necondensabile, acestea fiind evacuate în atmosferă. Ca agent de răcire se folosește soluția diluată, care se preîncălzește înainte de intrarea în zona de evaporare. Soluția concentrată se ridică în decantor, unde

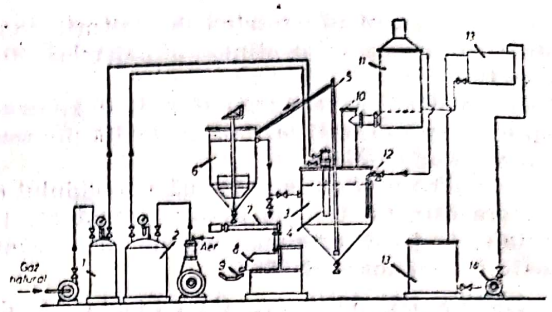


Fig. E.47. Instalație de evaporare cu arzătoare scufundate:

1 — rezervor de gaz natural; *2* — rezervor de aer; *3* — aparat de vaporizare; *4* — arzător scufundat; *5* — instalație de evacuare a soluției prin filtru; *6* — decantor; *7* — alimentator; *8* — centrifugă; *9* — transportor pentru concentratul final; *10* — membrană de explozie; *11* — condensator de suprafață; *12* — ventil regulator; *13* — rezervor de soluție diluată; *14* — pompă centrifugă.

se separă faza solidă care este preluată de un alimentator cu melc și, după centrifugare, este livrată ca produs finit.

EVAZARE. Lărgire a secțiunii longitudinale a paletajului unei turbine cu abur. Se utilizează următoarele tipuri de e. (fig. E.48):

— cu diametrul constant, mărindu-se progresiv lungimea paletelor (fig. E.48 a);

— cu diametrul variind în salturi (fig. E.48 b);

— cu diametrul crescînd continuu (fig. E.48 c);

— cu diametrul constant la baza paletelor (fig. E.48 d);

— cu diametrul crescător la primele trepte și constant la ultimele trepte (fig. E.48 e);

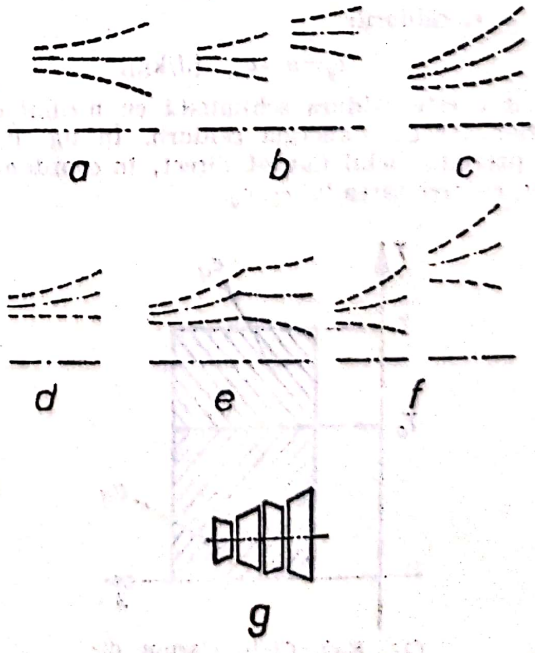


Fig. E.48. Soluții constructive de evazări.

— cu diametrul crescînd în salturi, combinat cu creşterea continuă a paletelor (fig. E.48 f);

— în dinţi de ferăstrău (fig. E.48 g); acest tip de e. este utilizat la zona de înaltă presiune a turbinelor cu abur.

Se indică o variaţie continuă a unghiului de evazare care nu trebuie să depăşească 8°. La ajutaje, la joasă presiune, unghiul de evazare poate fi mai mare de 8°.

EXCES DE AER (v. Coeficient de exces de aer).

EXERGIE. Lucru mecanic maxim care, pentru o stare dată a mediului ambiant, se poate obţine de la un sistem termodinamic în condiţii de reversibilitate. Valoarea e. depinde de temperatura mediului ambiant T_a, de entalpia h_a şi entropia s_a. Considerînd 1 kg agent, se pot enumera tipurile de e.:

— e. unui fluid într-un proces deschis (în curgere):

$$e_h=(h-T_a\cdot s)-(h_a-T_a\cdot s_a) \quad [\text{J/kg}],$$

în care h_a, s_a sînt entalpia, respectiv entropia fluidului la temperatura mediului ambiant T_a, iar h, s — entalpia, respectiv entropia într-o stare oarecare;

— e. unui fluid într-un proces închis (fără curgere):

$$e_n=u-T_a\cdot s+p_a\cdot v-(h_a-T_a\cdot s_a) \quad [\text{J/kg}],$$

unde: u este energia internă într-o stare oarecare; v — volumul specific într-o stare oarecare; p_a — presiunea mediului ambiant. Între e. entalpiei şi e. energiei interne există relaţia:

$$e_h=e_n+v(p-p_a) \quad [\text{J/kg}];$$

— e. căldurii:

$$e_q=q-a_q \quad [\text{J/kg}],$$

unde q este căldura schimbată cu mediul exterior, iar a_q — anergia căldurii. În fig. E.49 se prezintă ciclul Carnot direct, în coordonate T-s, cu precizarea lui e_q, a_q.

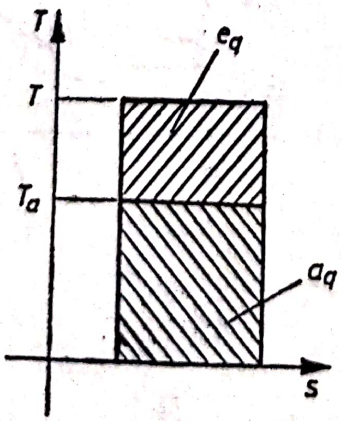


Fig. E.49. Ciclu Carnot direct, cu precizarea noţiunilor de exergie şi anergie.

E. este utilizată la analiza exergetică a proceselor din maşinile şi instalaţiile termice, permiţînd aprecierea funcţionării lor şi a performanţelor pe care le pot obţine.

EXHAUSTOR. Ventilator folosit pentru evacuarea forţată a aerului, a gazelor (ex.: gaze de ardere), sau a suspensiilor de particule solide în aer dintr-un spaţiu închis (hale industriale, galerii subterane de mină, compartimentele navelor, încăperi etc.). E. se utilizează, de asemenea, pentru evacuarea gazelor din focarul şi canalele de gaze ale instalaţiilor industriale de încălzire (cazane, cuptoare etc.). E. poate funcţiona singur sau combinat cu un coş de gaze pentru mărirea tirajului.

EXOTERM (Proces). Proces care se desfăşoară cu dezvoltare de căldură.

Un exemplu clasic de **p.e.** în termotehnică este procesul de ardere în focare sau în motoarele cu ardere internă. Caracteristic procesului de ardere (de oxidare) rapidă a substanţelor combustibile este emisia de lumină (flacără) şi creşterea rapidă a temperaturii gazelor rezultate.

În funcţie de cantitatea de aer de care dispune combustibilul, procesele de ardere pot fi complete sau incomplete. În **p.e. de ardere completă,** produsele finale (produsele de ardere) nu mai conţin energie chimică. În **p.e. de ardere incomplete,** produsele finale (produsele de ardere) conţin şi energie chimică, rezultînd că valoarea cantităţii de căldură obţinută este mai redusă cu atît mai mult, cu cît cantitatea disponibilă de oxigen este mai mică.

Cantitatea de căldură degajată în reacţiile exoterme se mai numeşte şi *căldură de reacţie*. Valoarea căldurii de reacţie la procese de ardere, depinde, în primul rînd, de natura combustibilului şi, în al doilea rînd, de condiţiile de presiune, temperatură şi volum în care se desfăşoară procesul. Această cantitate de căldură degajată în cursul proceselor de ardere este folosită de produsele rezultate pentru creşterea temperaturii lor. Căldura de reacţie (rezultată în urma unui proces exoterm) este o mărime de stare, care depinde numai de starea iniţială şi finală, ea fiind independentă de drumul parcurs. Aceasta face posibilă determinarea prin calcul a căldurii de reacţie, în cazul în care ea nu poate fi determinată experimental.

EXPANSIUNE. Transformare de stare prin care volumul ocupat de un sistem termodinamic creşte. Dacă această creştere de volum se datorează creşterii temperaturii, ea se numeşte dilatare.

În cazul fluidelor, e. este caractcrizată de creşterea volumului specific.

În funcţie de variaţia parametrilor de stare în cursul transformării, e. poate fi: *adiabatică* — sistemul nu schimbă căldură cu mediul exte-

rior; *izotermă* — la temperatură constantă; *politropică* — atunci cînd între volumul specific și presiune există o relație de forma $pv^n=\text{const.}$

E. liberă are loc fără efectuare de lucru mecanic exterior, ca de exemplu la trecerea unui gaz printr-un ajutaj. Ea este un proces ireversibil.

EXPONENT. Mărime caracteristică pentru o transformare a unui sistem fizic sau tehnic, definită prin logaritmul unei anumite expresii matematice.

În cazul transformării adiabatice $pv^k=\text{const.}$, e. *adiabatic* este k, definit prin raportul căldurilor specifice la presiune și volum constant:

$$k=\frac{c_p}{c_v}.$$

E. adiabatic poate lua diferite valori, în funcție de natura gazului respectiv, astfel: pentru gaze monoatomice, $k=1{,}66$; pentru gaze biatomice, $k=1{,}4$; pentru gaze tri și poliatomice, $k=1{,}33$. Pentru amestecurile de gaze, valorile e. adiabatic se calculează cu ajutorul căldurii specifice la presiune și volum constant.

E. *politropic* n din ecuația $pv^n=\text{const.}$ este definit prin expresia:

$$n=(c_p-c_n)/(c_v-c_n),$$

unde: c_p este căldura specifică la presiune constantă; c_v — căldura specifică la volum constant; c_n — căldura specifică din procesul politropic. E. politropic mai poate fi exprimat pornind de la ecuația transformării politropice aplicată pentru un proces de transformare între două stări de echilibru 1 și 2:

$$p_1v_1^n=p_2v_2^n$$

$$n=\frac{\log p_1-\log p_2}{\log v_2-\log v_1}=\frac{\log (p_1/p_2)}{\log(v_2/v_1)}.$$

Exponentul n are următoarele valori pentru transformările întîlnite mai frecvent:

a) $n=0$ pentru transformările izobare;

b) $n=1$ pentru transformările izoterme;

c) $n=k=\frac{c_p}{c_v}$ pentru transformările adiabatice;

d) $n=\infty$ pentru transformările izocore.

În practică, se întîlnesc și transformări în care n diferă de valorile indicate pentru aceste transformări particulare. De exemplu, la compresoarele centrifugale, comprimarea are loc cu $n>k$ (denumită transformare supraadiabatică), iar la cele volumetrice răcite, cu $n<k$ (denumită transformare subadiabatică).

Scanned with OKEN Scanner

GLOSAR

A.

ABSORBȚIE [ABSORPTION; ABSORPTION; ABSORPTION; ПОГЛОЩЕНИЕ] 7
- Absorbția materiei 7
- Absorbția energiei 7
- Legile absorbției 7
- Măsurarea absorbției 8
- Natura absorbției 8

ABUR [STEAM; DAMPF; VAPEUR; ПАР] 8
- Ecuațiile de stare ale vaporilor de apă 9
- Diagrame utilizate pentru studiul vaporilor de apă 9
- Abur saturat 10
- Abur supraîncălzit 11
- Mărimile de stare ale aburului 11
- Abur de joasă presiune 12
- Abur de medie presiune 12
- Abur de înaltă presiune 12
- Abur la starea normală 12
- Abur laminat 12
- Abur prelevat 12
- Abur proaspăt (viu) 13
- Abur uzat 13
- Abur evacuat 13
- Abur pentru încălzire 13
- Abur contra incendiilor 13
- Abur pentru industrie 13
- Abur-deșeu 13

ACTIVITATE CAPILARĂ [CAPILLARY ACTIVITY; KAPILLARACTIVITÄT; ACTIVITÉ CAPILLAIRE; КАПИЛЯРНАЯ АКТИВНОСТЬ] 13

ACUMULATOR DE CĂLDURĂ [HEAT ACCUMULATOR; WÄRMESPEICHER; ACCUMULATEUR DE CHALEUR; ТЕПЛОВОЙ АККУМУЛЯТОР] 15
- Acumulatoare de căldură cu apă .. 15
- Acumulatoare de căldură cu abur . 15
- Acumulatoare de gaz 18

ADEZIUNE [ADHESION; ADHÄSION; ADHÉSION; ПРИТЯЖЕНИЕ] 19

ADIABATĂ [ADIABATIC TRANSFORMATION; ADIABATISCHE ZUSTANDSÄNDERUNG; TRANSFORMATION ADIABATIQUE; АДИАБАТНЫЙ ПРОЦЕСС] 20

ADMISIE [ADMISSION; EINLASS; ADMISSION; ВПУСК] 20
- Admisie forțată 20
- Admisie liberă 20
- Admisie continuă 20
- Admisie intermitentă 20

ADSORBȚIE [ADSORBTION; ADSORPTION; ADSORPTION; АДСОРБЦИЯ] 23
- Adsorbție fizică 24
- Adsorbție chimică 24

AER [AIR; LUFT; AIR; ВОЗДУХ] 25
- Aer uscat 25
- Aer umed 26
- Aer de ardere 30
- Aer comprimat 31
- Aer condiționat 31
- Aer fals 31
- Aer impurificat (viciat) 31
- Aer lichid 31
- Aer proaspăt 31
- Aer ventilat 32

AERODINAMICĂ [AERODYNAMICS; AERODYNAMIK; AÉRODYNAMIQUE; АЭРОДИНАМИКА] 32

AERONAVĂ [AIRCRAFT; LUFTFAHRZEUG; AÉRONEF; ВОЗДУШНЫЙ КОРАБЛЬ] 32
- Aerodină 32
- Aerostat 33

AEROSOLI [AEROSOLS; AEROSOLEN; AÉROSOLS; АЭРОЗОЛИ] 33

AEROTERMĂ [AIR HEATER; LUFTERHITZER; RECHAUFFEUR D'AIR; ВОЗДУШНЫЙ ПОДОГРЕВАТЕЛЬ] 33

AFINITATE [AFFINITY; AFFINITÄT; AFFINITÉ; СРОДСТВО] 34

AGENT [AGENT; AGENS; AGENT; АГЕНТ] 34
- Agenți termici 34
- Agenți frigorifici 34
- Agenți de răcire 36
- Agenți energetici 36
- Agenți halogenați 36
- Agenți motori 36
- Agenți de uscare 36
- Agenți activi de suprafață 36

AGITAȚIE MOLECULARĂ [MOLECULAR AGITATION; MOLEKULAREN AUFREGNUNG; AGITATION MOLÉCULAIRE; МОЛЕКУЛЯРНОЕ ДВИЖЕНИЕ] 36

AGREGARE (STĂRI DE) [STATE OF AGGREGATION; AGGREGATZUSTAND; ÉTAT D'AGRÉGATION; АГРЕГАТНОЕ СОСТОЯНИЕ]
- Stare solidă 36
- Stare lichidă 36
- Stare gazoasă 36

Scanned with OKEN Scanner

AJUTAJ [NOZZLE; DÜSE; AJUTAJE; СОПЛО] 37
– Ajutaje convergente 38
– Ajutaje divergente 38
– Ajutaje convergent-divergente 39
– Ajutaje cilindrice 39
– Ajutaje sonice 39
– Ajutaje subsonice 39
– Ajutaje supersonice 39
– Ajutaje de măsură 39
– Ajutaje de reacție 39

ALIMENTARE CU COMBUSTIBIL [FUEL FEEDING; BRENNSTOFFZUFÜHRUNG; ALIMENTATION EN COMBUSTIBLE; ЗАПРАВКА ГОРЮЧИМ] 40
– Alimentare cu combustibil lichid 40
– Alimentare cu combustibil gazos 43
– Alimentare cu combustibil solid 45
– Alimentare cu combustibil nuclear 46

AMAGAT (LEGEA LUI) [AMAGAT'S LAW; AMAGAT GESETZ; LOIS D'AMAGAT; ЗАКОН АМАГАТА] 46

AMBRAZURĂ [OPENING; GUCKLOCH; EMBRASURE; АМБРАЗУРА 47

AMESTEC [MIXTURE; GEMISCH; MÉLANGE; СМЕСЬ] 47
– Amestec de gaze 47
– Amestec carburant 47
– Amestec exploziv 47
– Amestec inflamabil 47
– Amestec lichid 47

AMONTE [UPSTREAM; STROMMAUFWARTS; AMONT; ВЕРХОВЬЕ] 47

AMORTIZOR DE VIBRAȚII [VIBRATION DAMPER; SCHWINGUNGSDAMPFER; AMORTISEUR DE VIBRATION; ГЛУШИТЕЛЬ ВИБРАЦИЙ] 47
– Amortizor de vibrații cu frecare 47
– Amortizor de vibrații dinamic 48

AMORTIZOR DE ZGOMOT [NOISE SUPPRESSOR; SCHALLDAMPFER; ABSORBANT DE BRUIT; ШУМОГЛУШИТЕЛЬ] 48
– Amortizor de zgomot de rezistență ... 49
– Amortizor de absorbție 49
– Amortizor cu rezonanță 49

ANALIZOR DE GAZE [GAS ANALYSER; GASEANALYSATOR; ANALYSEUR DE GAZ; ГАЗОВОЙ АНАЛИЗАТОР] 50
– Analizoare de gaze chimice 50
– Analizoare de gaze fizice 52
– Analizoare de gaze fizico-chimice 55
– Analizoare cromatografice de fază gazoasă 55

ANALOGIE [ANALOGY; ANALOGIE; ANALOGIE; АНАЛОГИЯ] 55
– Analogie electrică 55
– Analogie cu membrană 58

ANEMOMETRU [ANEMOMETER; ANEMOMETER; ANEMOMÈTRE; АНЕМОМЕТР] 58
– Anemometre cu transmisie mecanică 58
– Anemometre construite pe principiul tubului Pitot sau al tubului Venturi 58
– Anemometre cu fir cald sau cu peliculă caldă 58
– Anemometre cu laser 59

ANOMALIE TERMICĂ [THERMAL ANOMALY; THERMISCHE ANOMALIE; ANOMALIE THERMIQUE; ТЕРМИЧЕСКАЯ АНОМАЛИЯ] 60

ANERGIE [ANERGY; ANERGIE; ANÉRGIE; АНЕРГИЯ] 60

ANTECAMERĂ [PRECHAMBER; VORKAMMER; PRECHAMBRE; ПРЕДКАМЕРА] 60

ANTIDETONANT [ANTI-KNOCK; KLOPFEST; ANTIDETONANT; АНТИДЕТОНАТОР] .. 60

ANTIGEL (LICHID) [ANTIFREEZE SOLUTION; FROSTSCHUTZMITTEL; ANTIGEL; АНТИФРИЗ] 63
– Lichide antigel pe bază de glicoli 63
– Lichide antigel pe bază de alcooli .. 63
– Lichide antigel pe bază de glicerină 63

ANUBAR [ANUBAR; ANUBAR; ANUBAR; АНУВАР] 64

APĂ [WATER; WASSER; EAU; ВОДА] . 65
– Apă industrială 68
– Apă brută 68
– Apă de alimentare 68
– Apă de răcire 68
– Apă epurată 68
– Apă reziduală 68
– Apă grea 68

APOMETRU [WATER FLOWMETER; WASSERDURCHFLUSSMESSER; COMPTEUR DE DÉBIT D'EAU; ВОДОМЕР] 68

APRINDERE FORȚATĂ [SPARK IGNITION; GEZWUNGENE ZÜNDUNG; ALLUMAGE FORCÉ; ВЫНУЖДЕННОЕ ЗАЖИГАНИЕ] 69

APRINDERE SECUNDARĂ [SECONDARY IGNITION; SEKÜNDARE ZÜNDUNG; ALLUMAGE SECONDAIRE; ВТОРИЧНОЕ ЗАЖИГАНИЕ] 70

ARBORE COTIT [CRANKSHAFT; KURBELWELLE; VILBREQUIN; КОЛЕНЧАТЫЙ ВАЛ] 70

ARBORE CU CAME [CAMSHAFT; NOCKENWELLE; ARBRE À CAMES; КУЛАЧКОВЫЙ ВАЛ] 75

ARDERE [COMBUSTION; VERBRENNUNG; COMBUSTION; ГОРЕНИЕ] 77

ARMĂTURĂ [FITTING; ARMATUR; ARMATURE; АРМАТУРА] 77
– Armătură pentru conducte 77
– Armătură pentru utilaje termice 77

ARZĂTOR [BURNER; BRENNER; BRULEUR; ГОРЕЛКА] 77

ASOCIAȚIE MOLECULARĂ [MOLECULAR ASSOCIATION; MOLLEKULAREN WEREINIGUNG; ASSOCIATION MOLÉCULAIRE; МОЛЕКУЛЯРНАЯ АССОЦИАЦИЯ] 77

Scanned with OKEN Scanner

ASPIRAȚIE [SUCTION; SAUGEN; ASPIRATION; ВСАСЫВАНИЕ] 78
ATMOSFERĂ [ATMOSPHERE; ATMOSPHERE; ATMOSPHÈRE; АТМОСФЕРА] 78
– Atmosferă fizică 78
– Atmosferă tehnică 79
– Atmosferă absolută 79
ATOMICĂ (MASĂ) [ATOMIC MASS; ATOMISCHE MASSE; MASSE ATOMIQUE; АТОМНАЯ МАССА] 79
ATOMIZOR [ATOMIZER; PULVERISATOR; ATOMISEUR; АТОМИЗАТОР 79
AUTOAPRINDERE [SELF-IGNITION; SELBSTZÜNDUNG; AUTOALLUMAGE; САМОЗАЖИГАНИЕ] 82
AUTOAPRINDERE (ÎNTÎRZIERE LA) [SELF-IGNITION DELAY; SELBSTZÜNDUNGSVERSPÄTUNG; RETARD À L'ALLUMAGE; ЗАПАЗДЫВАНИЕ САМОЗАЖИГАНИЯ] 83
AUTOCLAVĂ [AUTOCLAVE; AUTOKLAVE; AUTOCLAVE; АВТОКЛАВ] 83
AUTOMOTOR [MOTORAILER; TRIEBWAGEN; AUTOMOTRICE; АВТОМОТРИССА] 84
AUTOTIRAJ [SELF-DRAUGHT; SELBSTZUG; AUTOTIRAGE; САМОТЯГА] 85
AUTOVEHICUL [MOTOR-VEHICLE; KRAFTWAGEN; AUTOMOBILE; АВТОМАШИНА] 85
– Autovehicul de transport 85
– Autovehicul tehnic 85
– Autovehicul de război 85
AVAL [DOWNSTREAM; STROMMABWARTS; AVAL; НИЗОВЬЕ] 86
AVOGADRO, AMEDEO DI QUARENGA .. 86
AVOGADRO (LEGEA LUI) [AVOGADRO'S LAW; AVOGADRO GESETZ; LOI D'AVOGADRO; ЗАКОН АВОГАДРО] 86
AXUL PISTONULUI [PISTON PIN; BOLZEN; AXE DE PISTON; ПОРШНЕВОЙ ПАЛЕЦ]86

B

BALEIAJ [SCAVENGING; SPÜLLUNG; BALAYAGE; ПРОДУВАНИЕ] 89
BANC DE PROBĂ [TEST-STAND; PRÜFSTAND; BANC D'ESSAI; ИСПИТАТЕЛЬНЫЙ СТЕНД] 89
– Banc de probă pentru motoare cu ardere internă 89
– Banc de probă pentru autovehicule 89
BANDAJ [WHEEL-TYRE; BANDAGE; BANDAGE; БАНДАЖ] 90
BAR [BAR; BAR; BAR; БАР] 92
BAROGRAF [BAROGRAPH; BAROGRAPH; BAROGRAPHE; ВЫСОТОГРАФ] 92
BAROGRAMĂ [BAROGRAM; BAROGRAMM; BAROGRAMME; БАРОГРАММА] 92
BAROMETRU [BAROMETER; BAROMETER; BAROMÈTRE; БАРОМЕТР] 93
– Barometre cu lichid 93
– Barometre metalice 94
BARYE [MICROBAR; MIKROBAR; BARYE; БАРИЯ] 94
BATERIE [BATTERY; BATTERIE; BATTERIE; БАТАРЕЯ] 94
– Baterie de cazane 94
– Baterie de condiționare 94
– Baterie de încălzire sau răcire 94
BEAU DE ROCHAS, ALPHONSE 94
BECKMANN (TERMOMETRU) [BECKMANN THERMOMETER; BECKMANN THERMOMETER; THERMOMÈTRE BECKMANN; ТЕРМОМЕТР БЕКМАНА] 94
BENZ, KARL 95
BENZINĂ [BENZINE; BENZIN; ESSENCE; БЕНЗИН] 95
BERNOULLI, DANIEL 96
BERNOULLI (TEOREMA LUI) [BERNOULLI'S THEOREM; BERNOULLI SATZ; THÉORÈME DE BERNOULLI; ТЕОРЕМА БЕРНОУЛИ] 96
BERTHELOT, MARCELIN 98
BERTHELOT (CALORIMETRU) [BERTHELOT CALORIMETER; KALORIMETER BERTHELOT; CALORIMÈTRE BERTHELOT; КАЛОРИМЕТР БЕРТЛО] 98
BERTHELOT (PRINCIPIUL LUI) [BERTHELOT'S PRINCIPLE; BERTHELOT PRINZIP; PRINCIPLE DU BERTHELOT; ПРИНЦИП БЕРТЛО] 99
BIELĂ [CONNECTING ROD; PLEUELSTANGE; BIELLE; ШАТУН] 99
– Capul bielei 99
– Piciorul bielei 100
– Corpul bielei 102
BIFAZIC (SISTEM) [TWO-PHASE-SYSTEM; ZWFIFAZEN SYSTEM; SYSTÈME BIPHASIQUE; ДВУХФАЗНЫЙ СИСТЕМ] 105
BILANȚ [BALANCE; BILANZ; BALANCE; БАЛАНС] 106
– Bilanț termic 107
– Bilanț energetic 107
– Bilanț masic 108
BIMETAL [BIMETAL; BIMETALL; BIMÉTAL; БИМЕТАЛЛ] 109
BINAR (AMESTEC) [BINARY MIXTURE; BINÄRES GEMISCH; MÉLANGE BINAIRE; БИНАРНАЯ СМЕСЬ] 109
BINAR (CICLU) [BINARY CYCLE; BINÄRES KREISPROZESS; CYCLE BINAIRE; БИНАРНЫЙ ЦИКЛ] 110
– Ciclu binar de forma A/B 110
– Ciclu binar de forma B/A 110
BIOT, JEAN BAPTISTE 111
BLACK, JOSEPH 111
BLOC DE CILINDRI [CYLINDER BLOCK; ZYLINDERBLOCK; BLOC-CYLINDRE; БЛОК ЦИЛИНДРОВ] 111

Scanned with OKEN Scanner

BOILER [BOILER; BOILER; RECHAUFFEUR; БОЙЛЕР] 114
– Boilere orizontale 114
– Boilere verticale 115
BOLTZMANN, LUDWIG 120
BOLTZMANN (LEGEA LUI) [BOLTZMANN'S LAW; BOLTZMANN GESETZ; LOI DE BOLTZMANN; ЗАКОН БОЛЦМАНА] 120
BOLTZMANN (STATISTICA LUI) [BOLTZMANN'S STATISTICS; BOLTZMANN STATISTIKS; STATISTIQUE DE BOLTZZMANN; СТАТИСТИКА БОЛЦМАНА] 121
BOMBĂ CALORIMETRICĂ [CALORIMETRIC BOMB; KALORIMETRISCHE BOMBE; BOMBE CALORIMETRIQUE; КАЛОРИМЕТРИЧЕСКАЯ БОМБА] 122
BOURDON (TUB) [BOURDON TUBE; BOURDON ROHRE; TUBE BOURDON; ТРУБКА БУРДОНА] 123
BOYLE, ROBERT 123
BROWN, ROBERT 124
BROWNIANĂ (MIŞCARE) [BROWNIAN MOVEMENT; BROWNSCHE BEWEGUNG; MOVEMENT BROWNIEN; БРОУНОВСКОЕ ДВИЖЕНИЕ] 124
BUJIE [SPARK PLUG; ZÜNDKERZE; BOUGIE; СВЕЧА] 125
BUNSEN (CALORIMETRU) [BUNSEN CALORIMETER; BUNSEN KALORIMETER; CALORIMÈTRE BUNSEN; КАЛОРИМЕТР БУНЗЕНА] 126
B.T.U. 126
BY-PASS [BYPASS; BEIPASS; CONDUITE BY-PASS; БАЙПАС] 126
– Conductă de by-pass 126
– Supapă de by-pass 126

C

CAL PUTERE [HORSE-POWER; PFERDSTARKE; CHEVAL-VAPEUR; ЛОШАДИНАЯ СИЛА] 127
CALORIFICĂ (PUTERE) [HEATING VALUE; HEIZWERT; PUISSANCE CALORIFIQUE; КАЛОРИЙНОСТЬ] 127
– Putere calorifică inferioară 127
– Putere calorifică superioară 128
CALORIE [CALORIE; KALORIE; CALORIE; КАЛОРИЯ] 129
– Calorie la 15°C 129
– Calorie la 20°C 129
CALORIFUG [INSULATING MATERIAL; ISOLIERUNGSMITTEL; MATÉRIEL CALORIFUGE; ИЗОЛЯЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ] 129
CALORIMETRIE [CALORIMETRY; KALORIMETRIE; CALORIMÉTRIE; КАЛОРИМЕТРИЯ] 129
CALORIMETRU [CALORIMETER; KALORIMETER; CALORIMÈTRE; КАЛОРИМЕТР] 130
– Calorimetre cu variaţie de temperatură 131
– Calorimetre izoterme 131
CAMĂ [CAM; NOCKEN; CAME; КУЛАК] 131
CAMERĂ DE ARDERE [COMBUSTION CHAMBER; VERBENNUNGSKAMMER; CHAMBRE DE COMBUSTION; КАМЕРА СГОРАНИЯ]
– Camere de ardere pentru motoare cu aprindere prin scînteie 131
– camere de ardere în L 131
– camere de ardere în I 131
– camere de ardere semisferice 132
– Camere de ardere pentru motoare cu aprindere prin comprimare 132
– camere de ardere nedivizate (unitare) 132
– camere de ardere divizate 132
– Camere de ardere pentru motoare cu cap incandescent 135
– Camera de ardere a motorului rotativ (Wankel) 135
– Camere de ardere pentru turbine cu gaze 136
– Camere de ardere pentru motoare cu reacţie 137
CAPACITATE CALORIFICĂ [HEAT CAPACITY; WÄRMEKAPAZITÄT; CAPACITÉ CALORIFIQUE; ТЕПЛОЁМКОСТЬ] 138
CAP DE CRUCE [CROSSHEAD; KREUZKOPF; CROSSE; КРЕЙЦКОПФ] 138
CARACTERISTICĂ [CHARACTERISTIC; CHARAKTERISTIK; CARACTÉRISTIQUE; ХАРАКТЕРИСТИКА] 139
– Caracteristica reţelei de aer 139
– Caracteristica conductelor de apă 139
– Caracteristica locomotivelor 139
– Caracteristicile motoarelor cu ardere internă 139
– caracteristica de turaţie
– caracteristica de reglaj
– caracteristica de consum de combustibil
– caracteristica de avans la aprindere
– caracteristica de avans la injecţie
– caracteristica de sarcină
– caracteristica de regulator
– caracteristica complexă
– Caracteristica pompei de injecţie 141
– Caracteristica jiclorului 141
– Caracteristica compresorului 141
CARBURATOR [CARBURETTOR; VERGASER; CARBURATEUR; КАРБЮРАТОР] 142
– Carburatoare verticale 143
– Carburatoare orizontale 143
– Carburatoare inversate 143
CARBURAŢIE [CARBURATION; VERGASUNG; CARBURATION; КАРБЮРАЦИЯ] 146

Scanned with OKEN Scanner

CARNOT, SADI 146
CARTER [CRANKCASE; GEHÄUSE; CARTER; КАРТЕР] 146
CATALIZATOR [CATALYSER; KATALYSATOR; CATALYSEUR; КАТАЛИЗАТОР] 148
– Catalizator negativ 149
– Catalizator fotochimic 149
CAVITAȚIE [CAVITATION; KAVITATION; CAVITATION; КАВИТАЦИЯ] 149
CAZAN [BOILER; KESSEL; CHAUDIÈRE; КОТЁЛ] 150
– Cazane de abur cu circulație naturală 150
– Cazane de abur cu volum mare de apă 150
– Cazane de abur cu volum mic de apă 150
– Cazane de abur cu circulație forțată 154
– Cazane de apă fierbinte 162
CĂLDURĂ [HEAT; WÄRME; CHALEUR; ТЕПЛО] 167
– Căldură de amestec 168
– Căldură de combustie 168
– Căldură de dizolvare 169
– Căldură de formare 170
– Căldură de neutralizare 170
– Căldură de reacție 171
– Căldură latentă 171
– Căldură molară 172
– Căldură specifică 172
CĂLDURĂ DE DEZINTEGRARE RADIOACTIVĂ [HEAT OF RADIOACTIVE DECOMPOSITION; ZERSETZUNGSWÄRME; CHALEUR DE DESAGRÉGATION RADIOACTIVE; ТЕПЛОТА РАДИОАКТИВНОГО РАСПАДА] 174
CENTRALĂ TERMICĂ [THERMAL POWER STATION; WÄRMEZENTRALE; CENTRALE THERMIQUE; ТЕРМИЧЕСКАЯ СТАНЦИЯ] 174
CENTRIFUGARE [CENTRIFUGING; SCHLEUDERN; CENTRIFUGEAGE; ЦЕНТРИФУГИРОВАНИЕ] 174
CENTRIFUGĂ [CENTRIFUGE; ZENTRIFUGE; CENTRIFUGE; ЦЕНТРИФУГА] 175
– Centrifuge filtrante 175
– Centrifuge decantoare 177
CETANICĂ (CIFRĂ) [CETANE NUMBER; KETANZAHL; INDICE DE CÉTANE; КЕТАНОВОЕ ЧИСЛО] 178
C.F.R. (MOTOR) [INTERNAL COMBUSTION ENGINE C.F.R.; VERBRENNUNGSMOTOR C.F.R.; MOTEUR À COMBUSTION INTERNE C.F.R.; ДВИГАТЕЛЬ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ К.Ф.Р.] 178
CHARLES, JACQUES 179
CHIULASĂ [CYLINDER-HEAD; ZYLINDERKOPF; CULASSE; ГОЛОВКА ДВИГАТЕЛЯ]
CICLON [CYCLONE; ZYKLON; CYCLONE; ЦИКЛОН] 179
CICLU TERMODINAMIC [TERMODYNAMIC CYCLE; TERMODINAMISCHE ZYKLUS; CYCLE THERMODYNAMIQUE; ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЙ ЦИКЛ] 183
– Ciclu direct 184
– Ciclu inversat 184
– Ciclu Carnot 184
– Ciclul motorului cu aprindere prin scînteie 184
– Ciclul motorului cu aprindere prin comprimare 185
– Ciclul motorului cu ardere mixtă 185
– Ciclul instalațiilor de turbine cu gaze 185
– Ciclu Rankine 185
– Ciclu frigorific 186
CICLUL COMBUSTIBILULUI NUCLEAR [NUCLEAR FUEL CYCLE; KERNBRENNSTOFF ZYKLUS; CYCLE DU COMBUSTIBLE NUCLÉAIRE; ЦИКЛ ЯДЕРНОГО ГОРЮЧЕГО] 186
CILINDREE [CYLINDER CAPACITY; HUBRAUMINHALT; CYLINDRÉE; ЁМКОСТЬ ЦИЛИНДРА] 188
CILINDRU [CYLINDER; ZYLINDER; CYLINDRE; ЦИЛИНДР] 188
CINETICĂ CHIMICĂ [CHEMICAL KINETICS; CHEMIE KINETIK; CINÉTIQUE CHIMIQUE; ХИМИЧЕСКАЯ КИНЕТИКА] 192
CINETICO-MOLECULARĂ (TEORIA) [KYNETIC THEORY; KINETISCHE THEORIE; THÉORIE CINÉTIQUE; КИНЕТИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ] 193
– Teoria cinetică-moleculară a gazelor perfecte 194
– Teoria cinetică-moleculară a gazelor reale 199
– Teoria cinetică-moleculară a stării solide 200
– Teoria cinetică-moleculară a stării lichide 200
CIRCUIT DE RĂCIRE [COOLING CIRCUIT; KÜHLENKREIS; CIRCUIT DE REFROIDISSEMENT; ЦИРКУЛЯЦИЯ ОХЛАЖДАЮЩЕГО АГЕНТА] 201
– Circuite de răcire cu lichid 201
– Circuite de răcire cu aer 202
CIRCUIT DE UNGERE [LUBRICATING CIRCUIT; SCHIMIERUNGSKREIS; CIRCUIT DE LUBRIFICATION; ЦИРКУЛЯЦИЯ СМАЗКИ] 203
CÎMP [FIELD; FELD; CHAMP; ПОЛЕ] 204
– Cîmp de forță 204
– Cîmp de presiune 204
– Cîmp de randamente 204
– Cîmp de temperaturi 204
– Cîmp de viteze 204
CLAPETĂ [VALVE; KLAPPE; SOUPAPE; КЛАПАН] 205
– Clapetă de reținere 205

Scanned with OKEN Scanner

– Clapetă de reglare 205
– Clapetă de siguranţă 205
CLAPEYRON, EMILE 206
CLAPEYRON (FORMULA LUI) [CLAPEYRON'S FORMULA; CLAPEYRON FORMEL; FORMULE DE CLAPEYRON; ФОРМУЛА КЛАПЕЙРОНА] 206
CLAUSIUS, RUDOLF 206
CLIMATIZARE [AIR CONDITIONING; KLIMATISIERUNG; CLIMATISATION; КЛИМАТИЗАЦИЯ] 206
COEFICIENT DE EXCES DE AER [AIR EXCESS COEFFICIENT; LUFTÜBERSCHUSS KOEFFIZIENT; COEFICIENT D'EXCÈS D'AIR; КОЭФФИЦИЕНТ ИЗБЫТКА ВОЗДУХА] 206
COEZIUNE [COHESION; KOHÄSION; COHÉSION; СВЯЗНОСТЬ] 207
COLECTOR DE GAZE [GAS COLLECTOR; RAUCHGASSAMMLER; COLLECTEUR DE GAZ; КОЛЛЕКТОР ГАЗА] 207
– Colectoare de admisie 208
– Colectoare de evacuare 209
COLOANĂ DE ASPIRAŢIE [SUCTION COLUMN; ANSAUGENSKOLONNE; COLONNE D'ASPIRATION; ВСАСЫВАЮШИЙ СТОЯК] 211
COMBUSTIBIL [FUEL; BRENNSTOF; COMBUSTIBLE; ТОПЛИВО] 211
– Combustibili naturali .....
– Combustibili derivaţi .....
– Combustibil nuclear .....
COMPRESIE [COMPRESSION; VERDICHTUNG; COMPRESSION; СЖАТИЕ] 211
COMPRESOR [COMPRESSOR; KOMPRESSOR; COMPRESSEUR; КОМПРЕССОР] 212
– Compresoare volumetrice cu piston ... 212
– Compresoare volumetrice rotative 212
CONDENSARE [CONDENSATION; KONDENSATION; CONDENSATION; КОНДЕНСАЦИЯ] 219
– Condensare peliculară 219
– Condensare cu picături 219
CONDENSAT [CONDENSATE; KONDENSAT; VAPEUR CONDENSÉE; КОНДЕНСАТ] ... 220
CONDENSATOR [CONDENSER; KONDENSATOR; CONDENSEUR; КОНДЕНСАТОР] 220
– Condensatoare atmosferice 220
– Condensatoare cu suprapresiune 220
– Condensatoare sub vid 220
– Condensatoare prin amestec 220
– Condensatoare de suprafaţă 222
CONDIŢIONAREA AERULUI [AIR-CONDITIONING; KONDITIONIERUNG; CONDITIONNEMENT DE L'AIR; КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА] 225
CONDUCTĂ [PIPE-LINE; ROHRLEITUNG; CONDUITE; ТРУБОПРОВОД] 227
– Conductă de înaltă presiune 229
– Conductă de medie presiune 229
– Conductă de abur 229
– Conductă de aer 229
– Conductă de apă 229
– Conductă de condensat 230
– Conductă de gaze 230
– Conducte articulate 230
– Conductă de admisie 230
– Conductă de aerisire 230
– Conductă de alimentare 230
– Conductă de aspiraţie 230
– Conductă de compensaţie 230
– Conductă de evacuare 230
– Conductă de refulare 230
– Conductă de scurtcircuit 230
– Conductă de siguranţă 230
CONDUCTIBILITATE TERMICĂ [THERMAL CONDUCTIBILITY; WÄRMELEITFÄHIGKEIT; CONDUCTIBILITÉ THERMIQUE; ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ] 230
CONDUCTIVITATE TERMICĂ [THERMAL CONDUCTIVITY; WÄRMELEITZAHL; CONDUCTIVITÉ THERMIQUE; УДЕЛЬНАЯ ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ] 230
– Conductivitatea termică a gazelor 231
– Conductivitatea termică a lichidelor . 231
– Conductivitatea termică a solidelor ... 232
– Conductivitatea termică a materialelor izolante şi de construcţie 232
CONSUM SPECIFIC [SPECIFIC CONSUMPTION; SPEZIFISCHER VERBRAUCH; CONSOMMATION SPÉCIFIQUE; УДЕЛЬНЫЙ РАСХОД] 232
– Consum specific – motoare cu ardere internă 232
– Consum specific – turbine cu abur 232
– Consum specific – cazane cu abur 233
– Consum specific – instalaţii de turbine cu gaze 233
CONTINUITATE (ECUAŢIE DE) [EQUATION OF CONTINUITY; GLEICHUNG DER STETIGKEIT; ÉQUATION DE CONTINUITÉ; УРАВНЕНИЕ НЕРАЗРЫВНОСТИ] 233
CONTOR [METER; ZAHLER; COMPTEUR; СЧЁТЧИК] 234
– Contor de abur 234
– Contor de apă 234
– Contor de gaze 234
– Contor de căldură 235
– Contor cu membrană 235
– Contor de masă 235
– Contor cu pale rotitoare 236
– Contor volumetric 236
– Contor de viteză cu elice 236
CONTRACURENT [COUNTERFLOW; GEGENSTROMM; CONTRECOURANT; ПРОТИВОТОК] 236

Scanned with OKEN Scanner

CONVECȚIE [CONVECTION; KONVEKTION; CONVECTION; КОНВЕКЦИЯ] 237
CONVECȚIE (COEFICIENT DE) [COEFFICIENT OF CONVECTION; KONVEKTIONZAHL; COEFFICIENT DE CONVECTION; КОЭФФИЦИЕНТ КОНВЕКЦИИ] 238
CONVECȚIE (ECUAȚIILE DIFERENȚIALE) [DIFFERENTIAL EQUATIONS OF CONVECTION; DIFFERENTIALGLEICHUNGEN DER KONVEKTION; ÉQUATIONS DIFFÉRENTIELLES DE LA CONVECTION; ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЕ УРАВНЕНИЯ КОНВЕКЦИИ] 240
CONVECȚIE FORȚATĂ [FORCED CONVECTION; GEZWUNGENE KONVEKTION; CONVECTION FORCÉE; ВЫНУЖДЕННАЯ КОНВЕКЦИЯ] 240
CONVECȚIE LIBERĂ [FREE CONVECTION; FREIE KONVEKTION; CONVECTION NATURELLE; СВОБОДНАЯ КОНВЕКЦИЯ] 240
– Convecție liberă în spații mari 243
– Convecție liberă în spații mici 244
CORECȚIE DE PUTERE [POWER CORRECTION; LEISTUNGSKOREKTION; CORRECTION DE PUISSANCE; КОРРЕКЦИЯ МОЩНОСТИ]
COȘ DE GAZE [CHIMNEY; SCHORNSTEIN; CHEMINÉE; ДЫМОВАЯ ТРУБА] 245
– Coșuri de gaze pentru instalații fixe 245
– Coșuri de gaze pentru instalații mobile 247
CREMALIERĂ [RACK; ZAHNSTANGE; CREMALIÈRE; ЗУБЧАТАЯ РЕЙКА] 248
CRIOGENIE [CRIOGENY; KRYOGENIE; CRYOGÉNIE; КРИОГЕНИЯ] 248
CRITERIU ADIMENSIONAL [CRITERION; KRITERIUM; CRITÉRIUM; КРИТЕРИЙ] 250
CRITIC (PUNCT) [CRITICAL POINT; KRITISCHER PUNKT; POINT CRITIQUE; КРИТИЧЕСКАЯ ТОЧКА] 251
CROMATOGRAFIE [CHROMATOGRAPHY; CHROMATOGRAPHIE; CHROMATOGRAPHIE; ХРОМАТОГРАФИЯ] 253
CULBUTOR [LEVER; SCHWINGHEBEL; CULBUTEUR DE SOUPAPE; КЛАПАННОЕ КОРОМЫСЛО] 253
CUPLU TERMOELECTRIC [THERMOCOUPLE; THERMOELEMENT; COUPLE THERMO-ÉLECTRIQUE; ТЕРМОПАРА] 254
CUPTOR [FOURNACE; OFEN; FOUR; ПЕЧЬ] 257
– Cuptoare cu încălzire simplă 258
– Cuptoare de topire 258
– Cuptoare de uscare 258
– Cuptoare de transformare chimică 258
– Cuptoare de distilare 258
– Cuptoare intermitente 258
– Cuptoare cu flux de material 258
– Cuptoare cu material staționar 258
– Cuptoare cu aer 259
– Cuptoare cu atmosferă controlată 259
– Cuptoare cu combustibil 259
– Cuptoare cu încălzire electrică 259
– Cuptoare cu arc electric 259
– Cuptoare cu inducție 259
– Cuptoare cu rezistoare 259
– Cuptoare solare 259
– Cuptoare cu cameră 260
– Cuptoare cu camere multiple 260
– Cuptoare cu clopot 260
– Cuptoare cu creuzet 260
– Cuptoare cu muflă 260
– Cuptoare cu propulsie 260
– Cuptoare cu strat fluidizat 261
– Cuptoare cu vatră 262
– Cuptoare tunel 263
– Cuptoare turn 263
CURENT [CURRENT; STROMM; COURANT; ПОТОК] 263
– Curent fără suprafață liberă 263
– Curent cu suprafață liberă 263
– Curent ascendent 263
– Curent descendent 263
CURGERE [FLOW; STRÖMMUNG; ÉCOULEMENT; ТЕЧЕНИЕ] 263
CURGERE NATURALĂ [FREE FLOW; FREIE STRÖMMUNG; ÉCOULEMENT LIBRE; СВОБОДНОЕ ТЕЧЕНИЕ] 264
CURSA PISTONULUI [PISTON STROKE; KOLBENHUB; COURSE DU PISTON; ХОД ПОРШНЯ] 266
CUZINET [BEARING; LAGERSCHALE; COUSSINET; ВКЛАДЫШ] 267

D

DALTON, JOHN 269
DALTON (LEGEA LUI) [DALTON'S LAW; DALTON GESETZ; LOI DE DALTON; ЗАКОН ДАЛТОНА] 269
DEBIT [DISCHARGE; DURCHFLUSSMENGE; DÉBIT; РАСХОД] 269
DEBITMETRU [FLOWMETER; DURCHFLUSSMESSER; COMPTEUR DE DÉBIT; РАСХДОМЕР] 269
DEDURIZAREA APEI [WATER SOFTENING; WASSERRENHÄRTUNG; ADOUCISSEMENT DE L'EAU; СМЯГЧЕНИЕ ВОДЫ] 272
DEGAZARE [DEGASING; ENTGASUNG; DÉGASATION; УДАЛЕНИЕ ГАЗОВ] 274
DEGAZOR [DEAERATOR; ENTGASER; DÉGASEUR; ДЕАЕРАТОР] 275
– Degazor termic 275
– Degazor cu jet de apă 276
– Degazor cu site 276
– Degazor cu peliculă 276
– Degazor combinat cu jet de apă, site și umplutură 276

Scanned with OKEN Scanner

– Degazor cu cameră de pulverizare 277
– Degazor Stork 277

DEMINERALIZAREA APEI [WATER DEMINERALIZATION; MINERALSALZEVERLIEREN; DEMINÉRALISATION DE L'EAU; ДЕМИНЕРАЛИЗАЦИЯ ВОДЫ] 278

DENSITATE [DENSITY; DICHTE; DENSITÉ; ПЛОТНОСТЬ] 279

DEPOLUARE [DEPOLLUTION; LUFTREINIGUNG; DÉPOLLUTION; БЕЗЗАГРЯЗНЕНИЕ] 280

DEPRESIUNE [DEPRESSION; TIEFDRUCKGEBIET; DÉPRESSION; ДЕПРЕССИЯ] 282

DEPUNERE [DEPOSIT; ABLAGERUNG; DÉPÔT; ОСАЖДЕНИЕ] 282

DESTINDERE [PREASURE RELEASE; AUSDEHNUNG; DÉTENTE; ПОНИЖЕНИЕ ДАВЛЕНИЯ] 284

DETONAȚIE [KNOCK; KLOPFEN; DÉTONATION; ДЕТОНАЦИЯ] 285

DEZEMULSIONARE [DEMULSIFICATION; EMULSIONZERSTÖRUNG; DÉSÉMULSIONNEMENT; ДЕЭМУЛЬГИРОВАНИЕ] 286

DIAFRAGMĂ (DE MĂSURARE A DEBITULUI) [DIAPHRAGM; DIAPHRAGMA; DIAPHRAGME; ДИАФРАГМА] 286

DIAGRAMA H-t (A GAZELOR DE ARDERE) [H-t DIAGRAM; DIAGRAMM H-t; DIAGRAMME H-t; ДИАГРАММА H-T] 288

DIAGRAMĂ INDICATĂ [INDICATING DIAGRAM; INDIKATORDIAGRAMM; DIAGRAMME D'INDICATEUR; ИНДИКАТОРНАЯ ДИАГРАММА] 288

DIAGRAMĂ TERMODINAMICĂ [THERMODYNAMIC DIAGRAM; THERMODINAMISCHE DIAGRAMM; DIAGRAMME THERMODYNAMIQUE; ТЕРМОДИНАМИЧЕСКАЯ ДИАГРАММА] 290

DIESEL, RUDOLF 290

DIESEL (INDICE) [DIESEL INDEX; DIESEL KENNZIFFER; INDICE DIESEL; ДИЗЕЛЬНЫЙ ИНДЕКС] 290

DIESEL (MOTOR) [DIESEL ENGINE; DIESELMOTOR; MOTEUR DIESEL; ДИЗЕЛЬ] 290

DIFUZIE [DIFFUSION; DIFFUSION; DIFFUSION; ДИФФУЗИЯ] 295
– Difuzie moleculară 295
– Difuzie convectivă 295
– Difuzie de masă 295
– Difuzie termică 295

DIFUZIVITATE TERMICĂ [THERMAL DIFFUSION; WÄRMEDIFFUSION; DIFFUSION THERMIQUE; ТЕМПЕРАТУРОПРОВОДНОСТЬ] 296

DIFUZOR [NOZZLE; DÜSE; DIFFUSEUR; ДИФФУЗОР] 296

DILATARE TERMICĂ [THERMAL EXPANSION; LINEARE AUSDEHNUNG; DILATATION LINÉAIRE; ЛИНЕЙНОЕ РАСШИРЕНИЕ] 296

DINAMICA GAZELOR [GAS DYNAMICS; GASENDYNAMIK; DYNAMIQUE DES GAS; ДИНАМИКА ГАЗОВ] 297

DISOCIERE [DISSOCIATION; DISSOZIATION; DISSOCIATION; ДИССОЦИАЦИЯ] 297
– Disociere termică 297
– Disociere fotochimică 298
– Disociere electrolitică 298

DISPERSIE [DISPERSION; DISPERSION; DISPERSION; ДИСПЕРСИЯ] 298
– Dispersie atomică sau moleculară 298
– Dispersie coloidală 298
– Dispersie mecanică 298

DISTILARE [DISTILLATION; DESTILLATION; DISTILLATION; ДИСТИЛЛЯЦИЯ] 298
– Distilare la echilibru 299
– Distilare fracționată 299
– Distilare în șarjă 299
– Distilare Engler 299
– Distilare ASTM 299
– Distilare în vid 299
– Distilare azeotropă 299
– Distilare extractivă 299
– Distilare moleculară 299
– Distilară primară 300
– Distilare sub presiune 300
– Distilare atmosferică 300

DISTRIBUITOR [DISTRIBUTOR; VERTEILER; DISTRIBUTEUR; РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬ] 300

DISTRIBUȚIE [DISTRIBUTION; VERTEILUNG; DISTRIBUTION; РАСПРЕДЕЛЕНИЕ] 300

DISTRIBUȚIE MOLECULARĂ [MOLECULAR DISTRIBUTION; MOLEKÜLSVERTEILUNG; DISTRIBUTION MOLÉCULAIRE; МОЛЕКУЛЯРНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ] 300

DOZAJ [RATIO OF MIXTURE; DOSIERUNG; DOSAGE; ДОЗИРОВКА] 300

DURITATEA APEI [WATER HARDNESS; WASSERHÄRTE; DURETÉ DE L'EAU; ЖЁСТКОСТЬ ВОДЫ] 301

DUZĂ [NOZZLE; DÜSE; AJUTAGE; НАСАДКА] 302

E

ECHICURENT [UNIFLOW; GLEICHSTROM; ÉQUICOURENT; ПРЯМОТОК] 303

ECONOMIE DE ENERGIE [ENERGETIC SAVING; KRAFTERSPARNIS; ÉCONOMIE D'ÉNERGIE; СБЕРЖЕНИЕ ЭНЕРГИИ] 303
– Economie de energie în faza de conversie 303

Scanned with OKEN Scanner

– Economie de energie în faza de transport 303
– Economie de energie în faza de consum 304

ECONOMIZOR [ECONOMIZER; WÄRMESPEICHER; ÉCONOMISEUR; ЭКОНОМАЙЗЕР] 305

ECRAN DE RADIAȚIE [RADIATION SCREEN; STRAHLUNGSSCHIRM; ECRAN DE RADIATION; ИЗЛУЧИТЕЛЬНЫЙ ЭКРАН] .. 305
– Ecran de radiație între două plăci paralele 306
– Ecran de radiație între două corpuri solide 307

ECUAȚIE DE STARE [EQUATION OF STATE; ZUSTANDSGLEICHUNG; ÉQUATION D'ÉTAT; УРАВНЕНИЕ СОСТОЯНИЯ] 307

EFECT ELECTROCALORIC [ELECTROCALORIC EFFECT; ELECTROCALORISCHE EFFEKT; ÉFFET ÉLECTROCALORIQUE; ЭЛЕКТРОКАЛОРИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ] 309
– Efect Péltier 309
– Efect Thompson 309
– Efect Joule–Lenz 309

EJECTOR [EJECTOR; EJEKTOR; ÉJECTEUR; ЭЖЕКТОР] 309
– Ejectoare supersonice 310
– Ejectoare subsonice 311
– Ejectoare mixte 311

ELECTROFILTRU [ELECTRO-FILTER; ELEKTROFILTER; ÉLECTROFILTRE; ЭЛЕКТРОФИЛЬТР] 311

ELECTRON-VOLT [ELECTRON-VOLT; ELEKTRONENVOLT; ÉLECTRON-VOLT; ЭЛЕКТРОН-ВОЛЬТ] 314

ELEMENT DE COMBUSTIBIL NUCLEAR [ELEMENT OF NUCLEAR FUEL; ZELLE KERNBRENNSTOFF; CELLULE DE COMBUSTIBLE ATOMIQUE; ЭЛЕМЕНТ ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА] 314
– E.c.n. de tip bară plină 314
– E.c.n. de tip tub inelar 315
– E.c.n. de tip bloc 315

ENDOTERM (PROCES) [ENDOTHERMAL PROCESS; ENDOTHERMISCHE PROZESS; PROCESSUS ENDOTHERMIQUE; ЭНДОТЕРМИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС] 317

ENTALPIE [ENTALPY; ENTALPHIE; ENTALPHIE; ЭНТАЛЬПИЯ] 317

ENTROPIE [ENTROPY; ENTROPIE; ENTROPIE; ЭНТРОПИЯ] 321

EPURAREA APEI [WATER PURIFICATION; WASSERREINIGUNG; ÉPURATION DE L'EAU; ВОДОЧИСТКА] 322

ERG [ERG; ERG; ERG; ЭРГ] 322

EȘAPAMENT [EXHAUST; AUSPUFF; ÉCHAPPEMENT; ВЫХЛОП] 323

ETALON [STANDARD GAUGE; NORMALMASS; ÉTALON; ЭТАЛОН] 323

ETANȘARE [TIGHTENING; ABDICHTUNG; ÉTANCHEMENT; УПЛОТНЕНИЕ] 323

ETEROGEN (SISTEM) [HETEROGENEOUS SYSTEM; HETEROGENE SYSTEM; SYSTÈME HÉTÉROGÈNE; ГЕТЕРОГЕННАЯ СИСТЕМА] 325

EVAPORARE [EVAPORATION; VERDAMPFUNG; ÉVAPORATION; ИСПАРЕНИЕ] 325

EVAPORATOR [VAPORIZOR; VERDAMPFER; VAPORISATEUR; ИСПАРИТЕЛЬ] 326
– Evaporatoare cu manta de abur 326
– Evaporatoare cu serpentine de încălzire 326
– Evaporatoare cu țevi orizontale 327
– Evaporatoare cu cameră separată de încălzire 327
– Evaporatoare verticale cu circulație naturală 328
– Evaporatoare cu circulație forțată 329
– Evaporatoare peliculare 330
– Evaporatoare încălzite cu gaze 331

EVAZARE [FLARING; AUFWEITUNG; ÉVASEMENT; РАСТРУБ] 331

EXCES DE AER [AIR EXCESS; LUFTÜBERSCHUSS; EXCÈS D'AIR; ИЗБЫТОЧНЫЙ ВОЗДУХ] 331

EXERGIE [EXERGY; EXERGIE; EXERGIE; ЭКСЕРГИЯ] 332

EXHAUSTOR [EXHAUSTER; EXHAUSTOR; EXHAUSTEUR; РАЗОСОС] 332

EXOTERM (PROCES) [EXOTHERMAL PROCESS; EXOTHERMISCHE PROZESS; PROCESSUS EXOTHERMIQUE; ЭКЗОТЕРМИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС] 332

EXPANSIUNE [EXPANSION; EXPANSION; EXPANSION; РАСШИРЕНИЕ] 332

EXPONENT [EXPONENT; EXPONENT; EXPOSANT; ПОКАЗАТЕЛЬ] 333

Scanned with OKEN Scanner

Control științific: Prof. dr. docent ing. BAZIL POPA
Redactor: RODICA DINU
Tehnoredactor: VICTORIA UNGUREANU
Coperta și supracoperta: CONSTANTIN GULUȚĂ

Bun de tipar: 6.VIII.85. Coli de tipar: 21,5.
C.Z. 621.036+62–84 (03).

Tiparul executat sub comanda nr. 365/1984,
la Întreprinderea Poligrafică „Crișana",
Oradea, str. Moscovei nr. 5–7.
Republica Socialistă România

Scanned with OKEN Scanner